

Tuomas Keskitalo

# Asuinkerrostalon rakennusajan lyhentäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

13.4.2016

## ALKUSANAT

Haluan kiittää työni ohjaajia, Riikka Jääskeläistä Metropolia Ammattikorkeakoulusta ja Tero Kuusistoa YIT Rakennus Oy:stä, hyvistä keskusteluista ja työtäni koskevista kehitysehdotuksista. Lisäksi haluan kiittää kaikkia 22 haastattelemaani rakennusalan rau-  
taista ammattilaista YIT Rakennus Oy:stä sekä Wise Group Finland Oy:stä. Kiitos, että Teillä oli aikaa minulle ja opinnäytetyölleni, ja kiitos arvokkaista mielipiteistänne. Lopuksi haluan kiittää siskoani Katria työni kieliasun hiomisesta.

Helsingissä 13.4.2016

Tuomas Keskitalo

Tekijä Otsikko	Tuomas Keskitalo Asuinkerrostalon rakennusajan lyhentäminen
Sivumäärä Aika	84 sivua 13.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakentamisen projektihallinta
Ohjaajat	Lehtori Riikka Jääskeläinen Tuotantopäällikkö Tero Kuusisto
<p>Tässä insinööriytyössä tutkittiin asuinkerrostalojen rakentamisaikaa ja sitä, miten sitä voitaisiin lyhentää. Insinööriytyön päätavoitteena oli tuoda esille useita eri keinoja, joilla rakentamisaikaa voidaan lyhentää asuinkerrostalokohteissa yleisesti. Insinööriytyö tehtiin toimeksiantona YIT Rakennus Oy:lle.</p> <p>Insinööriytyön tekeminen alkoi kirjallisuuskatsauksella, jossa perehdyttiin laajasti aihealueisiin, jotka ovat sidoksissa tai vaikuttavat rakentamisaikaan. Työn empiriaosassa tehtiin sähköpostihaastattelu 12 eri henkilölle. Haastateltavat työskentelevät asuinkerrostaloprojektien eri vaiheissa aina tarveselvitysvaiheesta rakennusvaiheeseen ja täten pyrittiin saamaan laaja käsitys käsiteltävästä asiasta. Tämän lisäksi vierailtiin kymmenellä eri asuinkerrostalotyömaalla pääkaupunkiseudulla ja tutustuttiin eri vastaavien työnjohtajien työmaajohtamiseen ja kuultiin heidän näkökantojaan rakentamisaikaan liittyen. Tämä insinööriytyö keskittyi tarkastelemaan rakentamisajan lyhentämistä nimenomaan rakennusurakoitsijan näkökulmasta.</p> <p>Rakennustyömailla on aikaan sidottuja käyttö- ja yhteiskustannuksia ja rakentamisajan lyhentäminen tuottaa kustannussäästöjä sekä tilaajalle että rakennusurakoitsijalle. Erityistä hyötyä tästä opinnäytetyöstä on rakennusurakoitsijoille, sillä tämän opinnäytetyön tuloksia soveltamalla voidaan parantaa yritysten kilpailukykyä kiristyvillä markkinoilla. Lisäksi tämä opinnäytetyö on tärkeä apuväline vastattaessa lisääntyvään asuntotuotantoon Suomessa.</p> <p>Kaikki rakennusprojektit ovat erilaisia ja tuotantotekniikat vaihtelevat projektien välillä, joten tämän opinnäytetyön tuloksia on sovellettava tilannekohtaisesti, jolloin ne toimivat tarkoituksenmukaisina keinoja rakentamisajan lyhentämiseksi. Tutkimus osoitti, että rakentamisaikaa voidaan lyhentää tavanomaisissa kerrostalokohteissa 1-2 kuukautta pienillä muutoksilla aikataulutuksessa, rakennusjärjestyksen valinnassa tai vapaiden työkohteiden hyödyntämisessä. Pidempi, 3-6 kuukauden, rakentamisajan lyhentäminen onnistuu lisäämällä rakenteiden esivalmistusastetta.</p>	
Avainsanat	Asuinkerrostalo, kerrostalo, rakennusaika, rakentamisaika, aikataulutus, rakennustuotanto, tuotannonohjaus

Author Title	Tuomas Keskitalo Reduction of Construction Time for High-Rise Building
Number of Pages Date	84 pages 13 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Project Management for Construction
Instructors	Riikka Jääskeläinen, Senior Lecturer Tero Kuusisto, Production Manager
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to investigate the construction time for high-rise buildings and find various techniques to reduce its length in different high-rise building projects. This Bachelor's Thesis was commissioned by YIT Construction Ltd.</p> <p>Literature, interviews and construction site visits were used as research methods in this Bachelor's thesis. The literature study covered a wide range of topics related to construction time, such as scheduling, construction production, productivity and site management. The empirical part was implemented by conducting interviews and construction site visits. First, questionnaires were sent by email to 12 various individuals working in different building stages. Secondly, ten interviews were made during construction site visits with general superintendents. This Bachelor's thesis focuses on techniques for reducing the construction time, particularly from the building contractor's perspective.</p> <p>All construction projects are different and production techniques vary between projects, hence, the results are case-specifically applicable. The findings of the study do indicate that the construction time can be reduced. A short reduction of 1-2 months is possible with small changes in scheduling, working order and maximal use of jobs on a construction site. A longer reduction of 3-6 months is possible by making changes in the structural conception. The essential part in structural conception is using prefabricated structural components, in other words the level of prefabrication should be increased. Additionally, the urban area development plan determines regulations and rules for instance for housing, car parking and air raid shelter. If there is an opportunity to influence the urban area development plan it can have a major impact on the construction time.</p> <p>There are a lot of overhead expenses on construction sites, and reducing the construction time yields savings to the building contractor and client. This Bachelor's thesis is especially useful to building contractors because applying the findings can result in cost savings and improve competitiveness. In addition, the findings might prove useful when trying to respond to the prolific housing production in Finland in the future.</p>	
Keywords	High-rise building, apartment house, construction time, scheduling, construction production, site management

## Sisällys

Lyhenteet

Määritelmät

1	Johdanto	1
2	Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmät	4
3	Kirjallisuusosa	5
3.1	Yleistä kerrostaloista	5
3.2	Miksi rakennusprojektit aikataulutetaan?	5
3.3	Tarkentuva tuotannonohjaus	7
3.3.1	Last Planner -tuotannonohjausmenetelmä	7
3.3.2	Uusiutuva tuotannonohjaus	10
3.4	Tuottavuus	11
3.4.1	Työurakointi	12
3.4.2	Rakennustyömaiden digitalisaatio	13
3.4.3	Rakennustyön lisääjät	13
3.5	Rakentamisajan kiihdyttäminen ja aikataulun puristaminen	14
3.6	Aikataulusuunnittelu	23
3.6.1	Ajallisen suunnittelun sisältö	23
3.6.2	Suunnittelun periaatteet	24
3.6.3	Aikataulusuunnittelun vaiheet	25
3.6.4	Rakentamisajan määrittäminen	26
3.6.5	Kohteen jakaminen osakohteisiin	27
3.6.6	Työjärjestyksen suunnittelu ja valinta	31
3.6.7	Aikataulutehtävien muodostaminen	32
3.6.8	Aikataulun tekeminen ja toteutuskelpoisuus	32
3.7	Työmaan yleisaikataulu	34
3.8	Rakennustyömaan ajallinen ohjaus	37
3.8.1	Tuotannonohjaus	37
3.8.2	Aikataulun valvonta	37
3.8.3	Aikataulupoikkeamien syyt	38

4	Tutkimustulokset	40
4.1	Mitkä tekijät vaikuttavat rakentamisaikaan ja miten rakentamisaikaa voitaisiin lyhentää (teemahaastattelu)?	40
4.1.1	Asuinkerrotalojen rakentamisaika Suomessa	40
4.1.2	Mietteitä rakentamisajasta	41
4.1.3	Rakentamisaikaa lyhentäviä keinoja	41
4.1.4	Ongelmia rakentamisajan lyhentämiseen liittyen	42
4.1.5	Rakentamisajan määräytyminen	42
4.1.6	Rakentamisaikaan vaikuttavia tekijöitä	43
4.1.7	Miten vaikuttaa rakentamisaikaan?	44
4.1.8	Tietomallinnus ja rakentamisaika	49
4.2	Esimerkkikohteet	50
4.2.1	As Oy Kirkkonummen Vaski	50
4.2.2	As Oy Helsingin Sohvi	52
4.2.3	As Oy Espoon Kajo, Tuike & Loimu	56
4.2.4	As Oy Sipoon Tuhkimo	58
4.2.5	As Oy Vantaan Akaatti	61
4.2.6	As Oy Vantaan Louhi	63
4.2.7	As Oy Helsingin Koskikara	65
4.2.8	As Oy Helsingin Nuoli, Treffi & Keula (Lauttasaaren ostoskeskus)	66
4.2.9	As Oy Vantaan Kivitasku	68
4.2.10	As Oy Helsingin Larunsolmu	71
5	Johtopäätökset	73
6	Yhteenveto	80
7	Pohdinta	81
	Lähteet	82

## Lyhenteet

ATT	Helsingin Asuntotuotantotoimisto.
CII	<i>Construction Industry Institute</i> . Rakennusteollisuuden Instituutti Yhdysvalloissa.
CPM	<i>Critical Path Method</i> . Kriittisen Polun Menetelmässä tutkitaan tehtävien riippuvuuksia ja muodostetaan sen avulla aikataulu.
CURT	<i>Construction Users Roundtable</i> . Rakennusalan Neuvottelupöytä Yhdysvalloissa.
HRM	<i>Human Resources Management</i> . Henkilöstöjohtaminen tai henkilöstöhallinta.
LCI	<i>Lean Construction Institute</i> . Lean Rakentamisen Instituutti.
T3	Tehollinen aika, työvuoroaika.
T4	Kokonaisaika, työvaihe aika.
TPS	<i>Toyota Production System</i> . Toyotan Tuotantojärjestelmä.
VTT	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
YSE 1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot.

## Määritelmät

Adekvaattinen	Täysin tarkoituksenmukainen, sopiva.
Allokoida	Resurssien jakamista eri kohteisiin.
Diversiteetti	Monipuolisuus, jossa tietty asia tarkastellaan eri näkökulmista.
Force Majeure	Suurempi voima. Ylivoimainen este tai tapahtuma.
Iterointi	Ongelmanratkaisumenetelmä, jossa tarkoituksena on tuottaa hieman edellistä tuotosta valmiimpi lopputulos.
Last Planner	Rakennusallalla käytettävä menetelmä, jolla parannetaan työmaan tuotannon ennustettavuutta.
Lean-Rakentaminen	Rakennusallalle tehty sovellus, jossa pyritään tuottamaan asiakkaalle maksimaalinen arvo samalla kun koko toimitusketjusta pyritään poistamaan hukka.
Objektiivinen	Subjektista riippumaton, yleispätevä. Subjektiiivisen vastaan kohta.
Paikka-aikakaavio	Kuvaa tuotannon etenemistä ajan ja paikan suhteessa.
Relevantti	Asiaan olennaisesti vaikuttava.
Ratu	Rakennustuotannon ammattilaisille tarkoitettu tietopankki.
Sidosryhmä	Kaikki tahot, joiden toiminta vaikuttaa käsiteltävään asiaan.
Substanssiosaaminen	Oman alan osaamista. Asiaosaamista.
Työurakointi	Suoritusperusteinen työskentelymuoto, jossa työntekijän ansio määräytyy työsaavutuksen perusteella.



# 1 Johdanto

## *Tausta*

VTT:n Asuntotuotantotarve 2040 -tutkimuksen mukaan Suomeen tullaan rakentamaan vuodesta 2016 lähtien arviolta keskimäärin 30 000 uutta asuntoa vuodessa, mikä on hie-  
man enemmän kuin viime vuosien toteutunut asuntotuotanto. Kaupungistuminen on glo-  
baali ilmiö ja se näkyy myös vahvasti Suomessa. Tulevaisuudessa tullaan rakentamaan  
neljälletoista suurimalle kaupunkiseudulle kaikkiaan yli 760 000 asuntoa vuoteen 2040  
mennessä. Mikäli maahanmuutto lisääntyy merkittävästi, voi uusien asuntojen kokonais-  
tarve olla yli 800 000 vuoteen 2040 mennessä. [Vainio 2016.]

Asuntotuotantotarve 2040 -tutkimuksen ohjausryhmän puheenjohtaja, pääekonomisti  
Sami Pakarinen Rakennusteollisuus RT:stä korostaa, että asuntojen rakentaminen on  
huomattava yhteiskunnallinen haaste. Esimerkiksi Helsingin seutu tarvitsee tulevaisuu-  
dessa 50 prosenttia enemmän asuntoja tämän hetkiseen asuntokantaan nähden. Tämä  
asettaa haasteita kaavoitukseen sekä toimivan infrastruktuurin rakentamiseen. Samaan  
aikaan tämä on kuitenkin myös erinomainen mahdollisuus, sillä pelkästään asuntoraken-  
tamiseen tullaan käyttämään 200 miljardia euroa seuraavien 25 vuoden aikana.

Rakennustyömailla on aikaan sidottuja käyttö- ja yhteiskustannuksia ja rakentamisajan  
lyhentäminen tuottaa kustannussäästöjä sekä tilaajalle että rakennusurakoitsijalle. Ra-  
kentamisajan lyhentämisessä olennaista on kuitenkin huomioida laatu- ja työturvallisuus-  
vaatimukset, jotka eivät saa poiketa vanhasta olemassa olevasta tasosta negatiivisesti.  
Rakentamisaikaan vaikuttaa lukematon määrä eri tekijöitä, jotka on tiedostettu hyvin ra-  
kentamis sektorilla. Olennaista on vain löytää eri rakennusprojekteihin soveltuvat tekijät  
ja soveltaa niitä tapauskohtaisesti. Tämä opinnäytetyö on ajankohtainen ottaen huomi-  
oon sekä Suomessa lisääntyvän asuntotuotannon että rakennusyritysten kilpailukyyn.

Tämä opinnäytetyö tehdään YIT Rakennus Oy:lle Asuintalot Uusimaa -yksikköön. Asuin-  
talot Uusimaa -yksikkö tuottaa pääkaupunkiseudulla sekä kehyskunnissa pientaloja ja  
kerrostaloja omaperustaiseen asuntotuotantoon ja myös sijoittajakohteiksi. Insinööritöön  
tekijä on työskennellyt edellä mainitussa yksikössä vuodesta 2013 asti aina kesäisin.  
Tämän lisäksi, ottaen huomioon insinööritöntyöntekijän substanssiosaaminen rakennustuo-  
tantoon sekä mielenkiinto aihealueeseen lähtökohdat työn tekemiselle ovat suotuisat.

### *Tavoitteet*

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena on perehtyä erilaisiin asuinkerrostaloprojekteihin ja löytää tekijät, jotka olennaisimmin vaikuttavat rakentamisaikaan. Edelleen tuodaan esille useita eri keinoja, joilla voidaan lyhentää rakentamisaikaa asuinkerrostalokoh-teissa yleisesti. Tämän opinnäytetyön tutkimusongelmana on *asuinkerrostalojen koh-tuuttoman pitkä rakentamisaika*. Tässä opinnäytetyössä vastataan seuraavaan tutkimus-kysymyksiin, jotka tukevat tutkimusongelmaa:

- Mitkä tekijät tahdistavat ja vaikuttavat merkittävimmin asuinkerrostalojen ra-kentamisajan pituuteen?
- Miten asuinkerrostalojen rakentamisaikaa voitaisiin lyhentää, kuitenkin säi-lyttäen sekä laatu- että työturvallisuusvaatimukset?

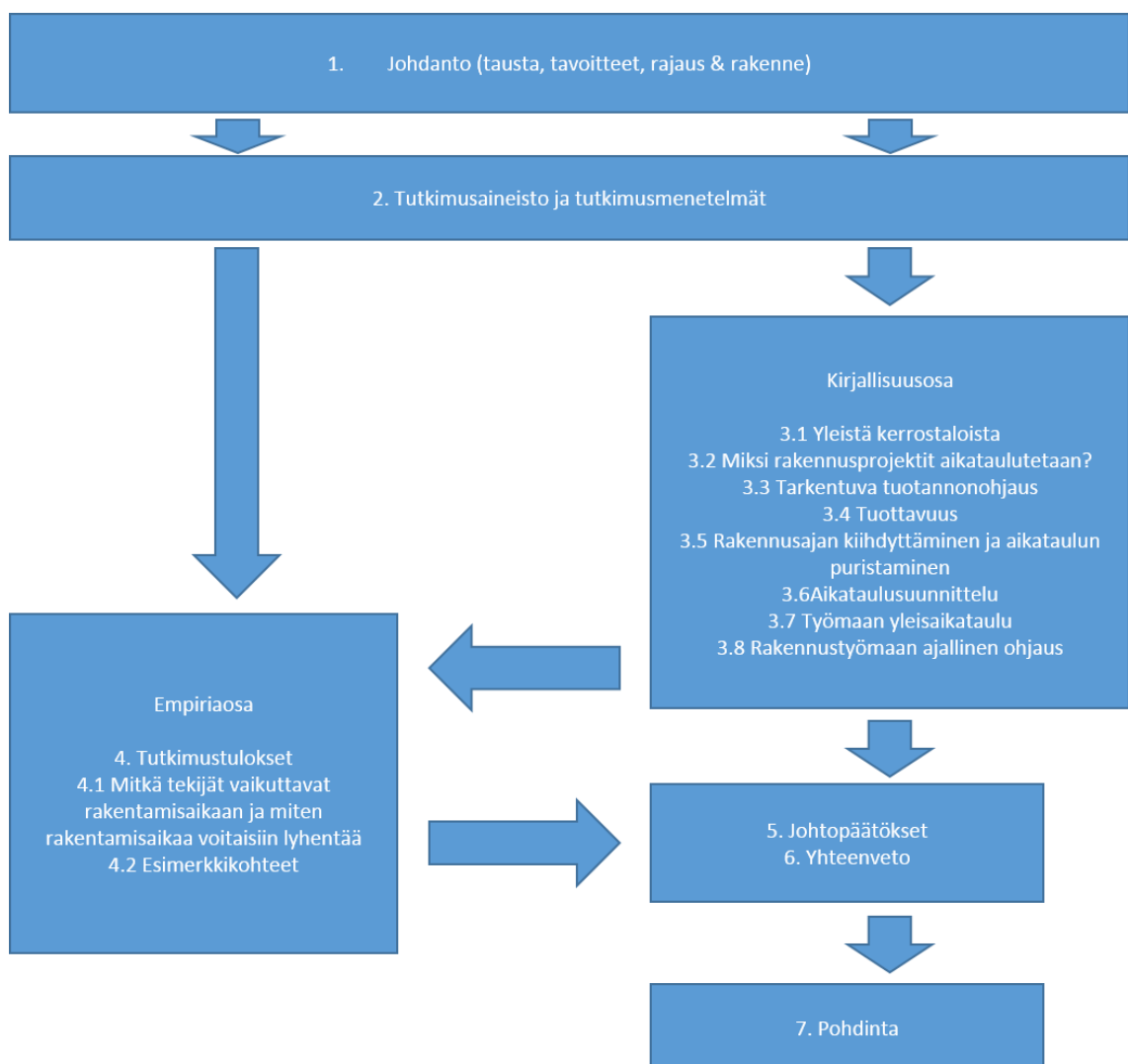
Rakennusajan lyhentämisellä pyritään kustannussäästöihin. Asuntotuotannossa on kaikkien osapuolten (rakennusurakoitsija, rakennuttaja, käyttäjä) etu, että asunnot saa-daan rakennettua lyhemmässä ajassa. Erityistä hyötyä tästä opinnäytetyöstä on raken-nusurakoitsijoille, sillä tämän opinnäytetyön tuloksia soveltamalla voidaan parantaa yri-tyksen kilpailukykyä kiristyvillä markkinoilla. Lisäksi tämä opinnäytetyö on tärkeä apuvä-line vastattaessa tulevaisuuden lisääntyvään asuntotuotantoon Suomessa.

### *Rajaus*

Tässä insinööriyössä tyypillisellä asuinkerrostalolla tarkoitetaan 3-13-kerroksisista be-tonirakenteista rakennusta, joka on tarkoitettu asumiskäyttöön Suomessa ja rakentamis-ajalla tarkoitetaan rakennustyömaalla käytettävää aikaa kohteen rakennustöiden aloituk-sesta sen luovutukseen asti. Koska kaikki rakennusprojektit ja tuotantotekniikat ovat eri-laisia, on mahdotonta löytää yhtä objektiivista ratkaisua rakentamisajan lyhentämiseksi. Tämän vuoksi opinnäytetyön tuloksia on sovellettava tilannekohtaisesti, jolloin ne toimi-vat tarkoituksenmukaisina keinoina rakentamisajan lyhentämiseksi. Tämä opinnäytetyö keskittyy tarkastelemaan rakentamisajan lyhentämistä nimenomaan rakennusurakoitsi-jan näkökulmasta.

## Rakenne

Tämä insinöörityö alkaa kirjallisuuskatsauksella, jossa perehdytään laajasti aihealueisiin, jotka ovat sidoksissa tai vaikuttavat rakentamisaikaan. Tämän jälkeen tehdään kaksi erillistä teemahaastattelua, joista ensimmäinen on laaja katsaus yleisesti rakentamisaikaan ja sen määräytymiseen ja toinen tehdään tutustumalla kymmeneen asuinkerrostalohankkeeseen pääkaupunkiseudulla haastatellen kohteiden vastaavia mestareita sekä kahta rakennesuunnittelijaa. Tämän jälkeen vertaillaan kirjallisuustutkimusta ja empiriaa keskenään ja arvioidaan tulosten luotettavuutta. Kuva 1 havainnollistaa opinnäytetyön rakennetta sekä sen eri osien sidoksia toisiinsa.



Kuva 1. Insinöörityön rakenne

## 2 Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmät

Tämä insinöörityö on soveltava tutkimus, jolla pyritään ratkaisemaan todellisen elämän ongelmia. Tässä insinöörityössä käytetään kvalitatiivista (laadullista) tutkimusotetta, koska kyseessä on todellisen elämän tilanne, jota tutkitaan mahdollisimman kokonaisvaltaisesti ja seikkaperäisesti sekä työssä pyritään tuottamaan uutta ymmärrettävää teoriaa käsiteltävästä asiasta sen sijaan, että pyrittäisiin tilastollisiin yleistyksiin. Lisäksi tutkimus tapahtuu luonnollisessa ympäristössä, aineisto kerätään vuorovaikutussuhteessa, jossa itse tutkija on aineiston kerääjä sekä huomio on tutkittavien näkökulmassa, merkityksissä ja näkemyksissä. Toisaalta tämä on tapaustutkimus, (case-tutkimus) jota voidaan ajatella yhdistelmänä laadullista ja määrällistä (kvantitatiivinen) tutkimusta, mutta mainittu tapaustutkimus on enemmän tutkimuksen menetelmä kuin tutkimusote. Työssä käytetään myös muita tutkimusmenetelmiä (aineistonkeruumenetelmiä), kuten kyselyitä ja haastatteluja, aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia, tilastoja sekä yrityksen omia dokumentteja.

Tämän insinöörityön empiirinen osuus tehdään haastattelemalla asuinkerrostalohankkeiden eri osapuolia rakentamisaikaan liittyvistä teemoista. Haastattelut voidaan jakaa kahteen osaan; 1) sähköpostihaastattelu, jossa selvitetään yleisellä tasolla eri henkilöiden mielipidettä rakentamisajasta ja sen määräytymisestä, 2) työmaavierailut (10 kpl), jossa samalla haastatellaan kohteen vastaavaa työnjohtajaa ja lisäksi kahden vierailtavan kohteen rakennesuunnittelijaa.

Tässä insinöörityössä kerätään eri osapuolten näkökulmia ja kokemuksia asuinkerrostalojen rakentamisajasta. Haastateltavat ovat mukana rakennushankkeen eri vaiheissa aina tarveselvitysvaiheesta lähtien kohteen tuotantoon asti. Kyselyyn vastasi urakoitsijan ja rakennuttajan edustajia niin omaperustaisista kuin neuvottelukohteista. Kyselyyn vastanneet ovat projekti-insinöörejä, projektipäällikköitä, työpäällikköitä, työmaainsinöörejä, vastaavia työnjohtajia, rakennesuunnittelijoita sekä yksi tuotantopäällikkö.

### 3 Kirjallisuusosa

#### 3.1 Yleistä kerrostaloista

Virallisesti asuinkerrostalo on määritelty kerrosluvun ja käyttötarkoituksen avulla. Rakentamismääräyskokoelmassa asuinkerrostalo määritellään seuraavasti: ”vähintään kaksi-kerroksinen, useita asuinhuoneistoja käsittävä rakennus, jossa eri asuinhuoneistoihin kuuluvia tiloja on päällekkäin”. Vuosina 1975–2000 Suomeen rakennettiin kaiken kaikkiaan 465 555 kerrostaloasuntoa, joista 17 % on Helsingissä. Suurin rakennuttaja Helsingissä kyseisellä ajanjaksolla oli Helsingin Asuntotuotantotoimisto (ATT), jonka osuus oli noin 40 % kaikista rakennetuista kerrostaloasunnoista. [Neuvonen & Hieta-Wilkman 2015: 7.]

#### *Talotyypit*

*Lamellitalo* on yleisin talotyyppi Suomessa. Lamellitalolle ominaista on talojen umpinaiset päädyt, pitkänomaisuus ja muutama porrasyksikkö. *Pistetalossa* on vain yksi portaitko ja sen ympärille asunnot kiertyvät. Korkeista pistetaloista käytetään myös nimitystä tornitalo. Helsingissä vuosina 1975–2000 valmistuneista asuinkerrostaloista neljäsosa oli pistetaloja. *Keskikäytävätalot* eivät ole Suomenna kovinkaan yleisiä, mutta muutoin mallia käytetään yleisesti asuntolarakentamisessa. *Sivukäytävä- eli luhtitaloja* käytetään enimmäkseen kiinteistöissä, jossa on paljon pienasuntoja. [Neuvonen & Hieta-Wilkman 2015: 9.]

#### 3.2 Miksi rakennusprojektit aikataulutetaan?

Jokaiseen projektiin liittyy eri sidosryhmiä ja niiden jäseniä, jotka kaikki tarvitsevat aikatauluja, joskin eri syiden vuoksi. Alla on lueteltuna tarpeet aikataulutukseen rakennusurakoitsijan näkökulmasta. [Mubarak 2015: 8.]

*Aikataulu kertoo projektin loppumispäivän:* suurimassa osassa projekteja sekä pääuraakoitsija että aliurakoitsijat ovat velvollisia saattamaan työt valmiiksi tiettyyn päivämäärään mennessä, joka on pääsääntöisesti kirjattu urakkasopimukseen. [Mubarak 2015: 8.]

*Aikataulusta voidaan määrittää eri aikataulutehtävien alkamis- ja päättymispäivät:* tietyt tehtävät vaativat erityistä huomiota, esimerkiksi materiaalien tai koneiden tilausta ja toimitusta. [Mubarak 2015: 8.]

*Aliurakoitsijoiden koordinointi ja ristiriitojen tunnistaminen sekä mukauttaminen:* tänä päivänä pääurakoitsijan rooli on enimmäkseen koordinoida aliurakoitsijoita. Pääurakoitsijan tehtävänä voi olla esimerkiksi torninosturin käytön allokointi tai sen varmistaminen, että adekvaattinen työtila on järjestetty kaikille työmaan työntekijöille. Tämän lisäksi pääurakoitsijan tulee tunnistaa loogiset riippuvuudet eri tehtävien välillä. [Mubarak 2015: 8 – 9.]

*Rahavirran seuranta ja ennustaminen:* tehtävien ajoituksella on vaikutusta rahavirtaan. Pääurakoitsijan tulee olla tietoinen jokaisen kuukauden tai määritellyn ajanjakson rahan käytöstä. Yksittäisen tehtävän aloittamista voidaan siirtää myöhemmäksi, jos uhkana on rahavirran ylittäminen negatiivisesti määritellystä pisteestä. [Mubarak 2015: 9.]

*Työn tuottavuuden parantaminen:* työntekijöiden sekä koneiden ja välineiden maksimaalisella samanaikaisella käytöllä ja materiaalien hallinnalla säästetään aikaa ja rahaa. [Mubarak 2015: 9.]

*Aikataulu projektin valvomisen työkaluna:* projektin valvominen tapahtuu vertailemalla projektin sen hetkistä tilannetta aikatauluun, jossa tulee olla asetettuna selkeät vertailukohdat. [Mubarak 2015: 9.]

*Muutosten vaikutusten arviointi:* muutokset ovat yleensä väistämättömiä, mutta hyvin suunniteltu projekti vähentää mahdollisia muutoksia. Muutokset voivat olla lisäyksiä, poistamisia tai korvauksia. Muutoksen tapahtuessa on helppo laskea vaikutukset, mikäli alkuperäinen aikataulu on selkeä. [Mubarak 2015: 9.]

*Viivästysten todistaminen:* rakentamisessa viivästymiset ovat hyvin tyypillisiä, minkä takia on tärkeää, että urakoitsija voi aikataululla todeta tai osoittaa vääräksi tilaajan, tai muiden osapuolten, osoittamat reklamaation myöhästymisestä. [Mubarak 2015: 9.]

### 3.3 Tarkentuva tuotannonohjaus

Tuotannonohjauksella varmistutaan hankkeen pysyminen aikataulussa. Tässä kappaleessa esitellään kaksi erilaista näkemystä tuotannonohjaukseen. Ensimmäisenä Last Planner -menetelmä, joka perustuu Lean-periaatteisiin ja niin sanottuun imuohjaukseen. Toisena uusiutuva tuotannonohjaus, joka perustuu tulosjohtamiseen periaatteisiin ja työntöohjaukseen. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 100.]

#### 3.3.1 Last Planner -tuotannonohjausmenetelmä

Last Planner -tuotannonohjausmenetelmä perustuu lyhyellä aikavälillä tehtävään suunnitteluun ja ohjaukseen. Viikkosuunnitelmat ja niiden valvominen ovat Last Planner -menetelmän olennaisin elementti. Viikkosuunnitelmaan suunnitellaan vain tehtäviä, joiden aloitusedellytykset ovat kunnossa ja sitoutetaan jokaisen tehtävän vastuuhenkilö suorittamaan tehtävä suunnitellusti. Pelkkä viikkosuunnitelman teko ei riitä, vaan myös sen toteutumista on seurattava ja mikäli jokin tehtävä ei ole toteutunut suunnitellusti, tulee selvittää syyt, jotka ovat poikkeaman aiheuttaneet. Syiden selvittämisellä pyritään nostattamaan tehtävien toteutumisastetta. Last Planner -menetelmässä pyritään keskeisesti varmistumaan tehtävien aloitusedellytyksistä sekä pitämään reserviä aloituskelpoisista tehtävistä. Olennaista on, että rakentamisvaihe aikataulu tehdään yhteistyössä eri osapuolten vastuuhenkilöiden kanssa. Kuvassa 2 on havainnollistettu tehtävän aloitusedellytykset. [Koskela & Koskenvesa 2003: 14.]

---

**Tehtävän aloitusedellytyksiä**


---

**Suunnitelmat, sopimukset**

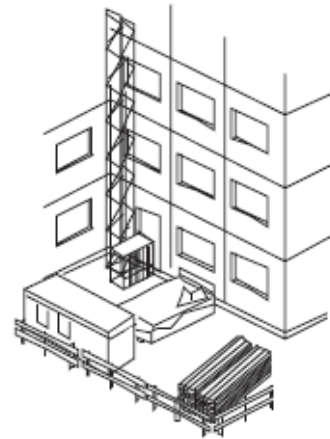
- työn vaatimat erikoisluvat
- tehtävän lähtötiedot
- aloituspalaveri
- työntekijöiden perehdyttäminen

**Turvallisuus**

- henkilökohtaiset suojaimet
- putoamissuojaus
- teline- ja nosturitarkastukset

**Työkohte, materiaalit, kalusto**

- edeltävien rakenteiden valmius ja laatu
- kalusto
- materiaalit
- tarvikkeet
- jäteastiat

**Olosuhteet**

- kosteus
- lämpö
- valaistus

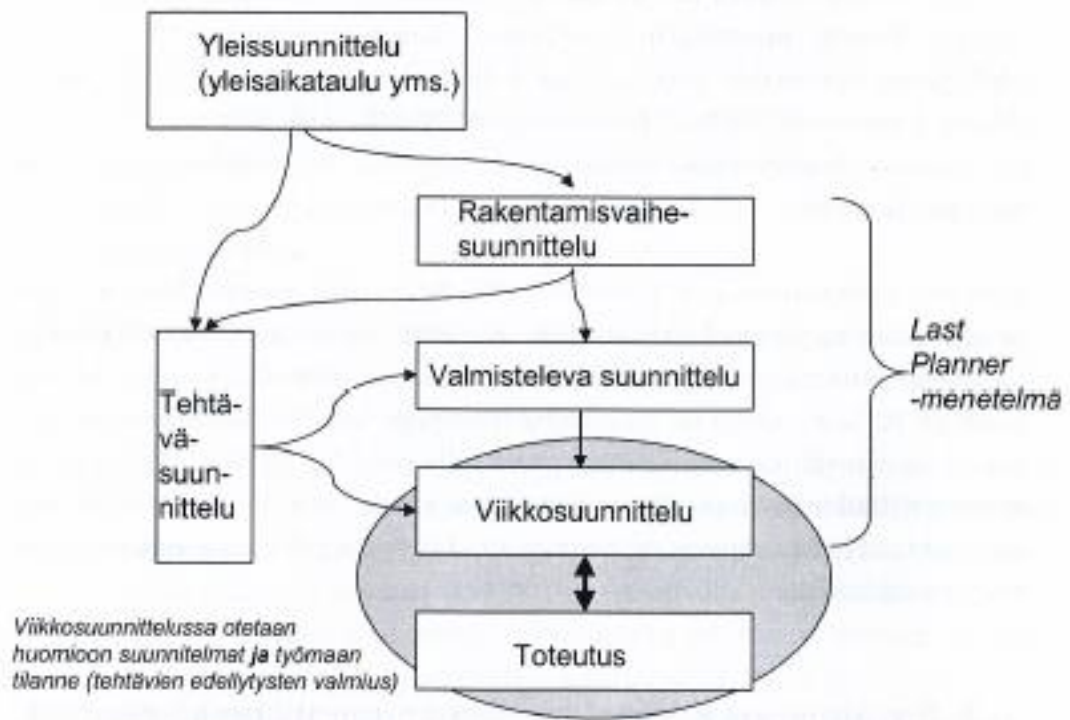
**Työmaa**

- tarvittava kalusto
  - nosto- ja siirtoreitit
  - varastointi
  - jäteastiat
  - sosiaalityilat
- 

Kuva 2. Tehtävän aloitusedellytykset [Ratu 1190-S: 5].

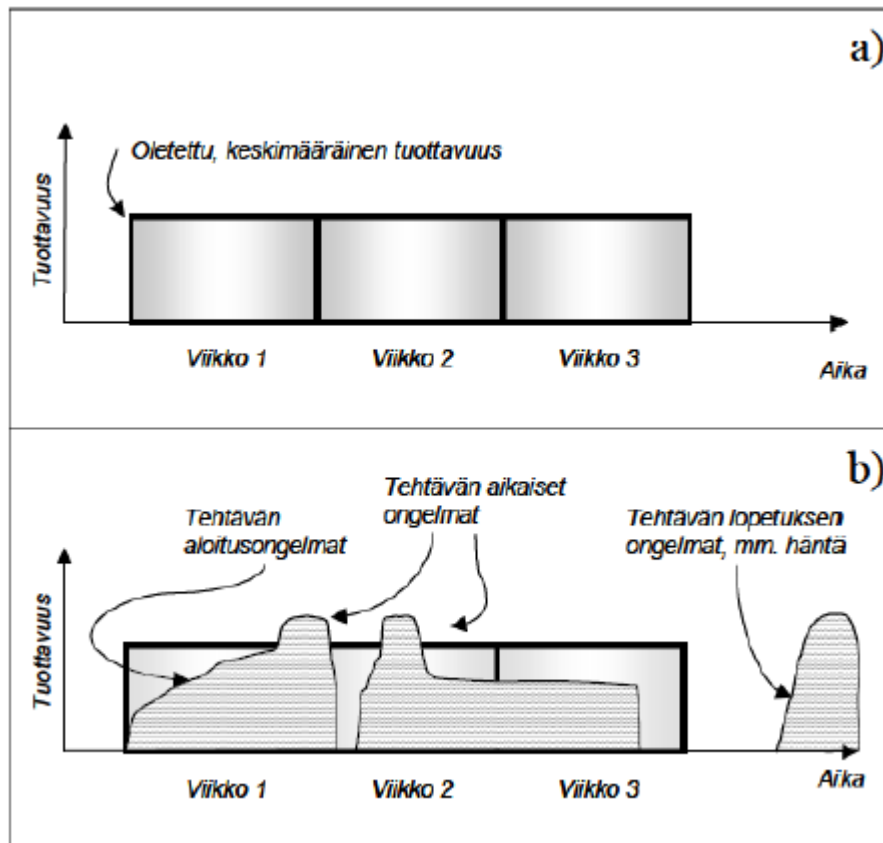
Käytettäessä Last Planner -menetelmää tuotannon ennustettavuus kasvaa, mikä mahdollistaa peräkkäisten tehtävien aloitusvälin lyhentämisen, mikä taas lyhentää koko rakentamisaikaa [Koskela & Koskenvesa 2003: 31].





Kuva 3. Tämä kuva havainnollistaa, mitä Last Planner -menetelmällä tarkoitetaan [Koskela & Koskenvesa 2003: 71].

Yksittäisen tehtävän tarkastelulla voidaan esittää Last Planner -menetelmän perusajatus, kuten kuvassa 3 on havainnollistettu. Perinteisessä tuotannonohjauksessa on havaittu kolme tyypillistä ongelmaa; ongelmat tehtävän aloituksessa, tehtävän aikana havaitut ongelmat, jotka johtavat lyhyisiin katkoihin ja tehtävän keskeytyminen kokonaan. [Koskela ym. 2004: 9.]



Kuva 4. Tehtävän tekemisen tuottavuus a) teoriassa ja b) käytännössä [Koskela ym. 2004: 9].

Käytännössä tehtävän tekemisen tuottavuus ei ole vakio, kuten kuvassa 4 kohdassa a) on esitetty, vaan se vaihtelee tehtävän kuluessa. Kuvassa 4 kohdassa b) on realistisempi toteutusmalli tehtävää suorittamisesta ja juuri tätä ongelmaa Last Planner -menetelmä pyrkii parantamaan. [Koskela ym. 2004: 9.]

### 3.3.2 Uusiutuva tuotannonohjaus

Uusiutuva tuotannonohjaus tarkoittaa tuotannonohjausta, joka ennaltaehkäisee poikkeamia suunnitelmien mukaisesta toiminnasta ja ohjaa palauttamaan tuotannon suunnitelmien mukaiseksi, mikäli poikkeamia ilmenee. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 100.]

Uusiutuvassa tuotannonohjauksessa olennaista on, että tuotantosuunnitelmat tehdään toteutuskelpoisiksi ja varmistetaan koko ajan toimintaedellytysten jatkuvasta olemasta olost. Lisäksi pyritään ennakoimaan kaikki mahdolliset tulevat ongelmat ja mikäli tuotanto poikkeaa suunnitellusta, pyritään tuotanto palauttamaan heti takaisin suunnitteluksi

esimerkiksi resursseja lisäämällä tai tehtäväsisältöjä tai aloitusaikoja muuttamalla. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 100.]

Hankkeen toteutuksen aikana tulee jatkuvasti olla selvillä, eteneekö tuotanto kaikkien tehtyjen suunnitelmien mukaisesti. Suunnitelmien tulee palvella tuotantoa parhaalla mahdollisella tavalla. Tärkeää on, että tuotanto etenee häiriöttä ja työntekijät tietävät työltään vaadittavan laadun. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 100.]

Tuotannonohjauksessa ennakoidaan ja korjataan jatkuvasti. Tämä tarkoittaa, että pyritään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa huomamaan tuleva häiriö ja ennakoimaan sen vaikutukset sekä tekemään korjausliikkeitä vahingon minimoimiseksi. Työmaasuunnitelma, hankintasuunnitelma sekä tehtäväsuunnitelmat ovat osa ennakoivaa tuotannonohjausta. Tehtäväsuunnitelmat tulee tehdä kaikille aikataulutehtäville, jossa päätarkoituksena on varmistua tehtävän aloitusedellytyksistä ja löytää adekvaattiset tehtävän suoritusmenetelmät. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 100.]

### 3.4 Tuottavuus

Rakentamisen tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä Forbesin ja Ahmedin [2013] mukaan ovat:

- tehottomat johtamiskäytännöt
- erikoistumisen kasvaminen
- epäselvät tuotantonormit
- aliurakoitsijoiden tarpeen lisääntyminen
- hidas innovaatioiden omaksuminen
- vertailukehittämisen puute
- hyvien työntekijöiden puute
- projektien ainutlaatuisuus
- teknologian vaikutukset
- puutteellinen rakennusalan koulutus.

Nämä luetellut tekijät vaikeuttavat rakennusalan tuottavuuden kehitystä. [Forbes & Ahmed 2013: 28 - 31.]

### 3.4.1 Työurakointi

Matti Hanninen [2015] on diplomityössään selvittänyt työurakoinnin kannattavuutta (kuva 5). Kysely tehtiin kolmellekymmenelle YIT:n toimihenkilölle, jotka olivat yksimielisiä siitä, että työurakointi on kannattavaa. Vastaajien mielestä työurakoinnissa tuottavuus kasvaa enemmän kuin kustannukset.



Kuva 5. Kyselytulos työurakoinnin kannattavuudesta [Hanninen 2015: 47].

#### *Työurakoinnissa ilmenneet hyödyt*

Hannisen [2015] tekemän kyselyn tulosten mukaan sekä työntekijät että työnantajat hyötyvät työurakoinnista. Työntekijät saavat tekemästään työstä parempaa palkkaa, mutta samanaikaisesti työnantajalle koituva työn kokonaishinta silti laskee. Lisäksi työurakoinnilla on havaittu olevan positiivinen vaikutus työn tuottavuuteen. Työ tehdään kerralla valmiiksi ja ajankäyttö maksimoidaan. Laadun sisällyttäminen työurakoihin on parantanut saavutettua laatua ja lisäksi työvaiheissa pysytään työurakoinnin myötä paremmin aikataulussa. [Hanninen 2015: 47.]

Työurakointi motivoi työntekijöitä enemmän kuin työn tekeminen ilman sovittua urakkaa ja vahvistaa työntekijöiden sitoutumista yhteisten tavoitteiden saavuttamiseen. Työura-

koinnissa työntekijät ja työkunnat perehtyvät itse paremmin työvaiheeseen, mikä tehostaa työvaiheen tekemistä. Toisaalta työntekijät alkavat työurakoinnin myötä vaatia enemmän myös työnjohdolta, esimerkiksi materiaalitoimitusten osalta. Työurakoinnissa työntekijöillä on vapaammat kädet toteuttaa työvaihe. Tämän seurauksena työntekijät alkavat kehittämään omia innovaatioitaan oman työnsä helpottamiseksi tai tehostamiseksi, mikä vaikuttaa positiivisesti työn tuottavuuteen. [Hanninen 2015: 47 - 48.]

#### 3.4.2 Rakennustyömaiden digitalisaatio

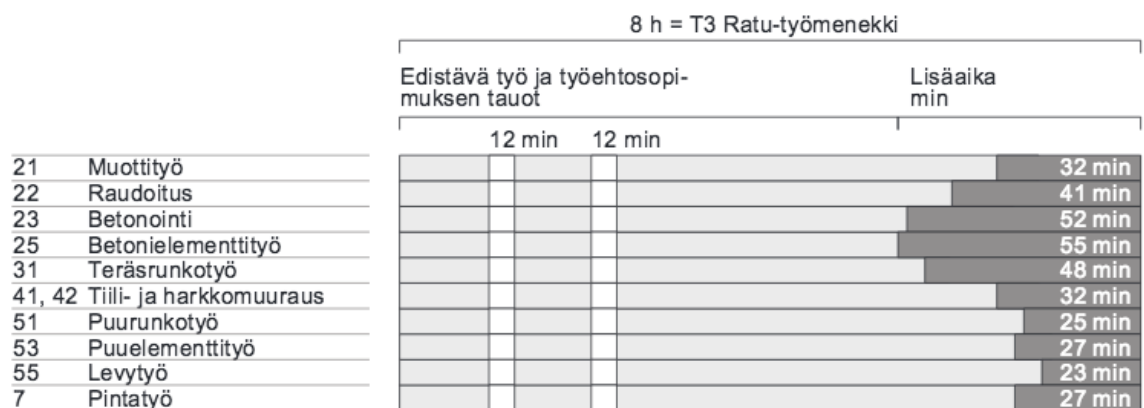
Lemminkäisen entisen toimitusjohtajan Timo Kohtamäen [2015] tavoitteena on digitalisoida rakennustyömaat tulevaisuudessa. Kohtamäki rakentaa ohjelmistoa, jonka avulla pystyttäisiin karsimaan työmaalla tapahtuvaa turhaa odottelua. Työmaajohtaminen tapahtuu edelleen enimmäkseen keltaisilla muistilapuilla, Excel-taulukoilla ja puhelimella. Rakennustyömaan johtamisesta tekee haastavan projektien ainutlaatuisuus, kun olosuhteet, materiaalit ja organisaatiot vaihtuvat. Rakennettavalla ohjelmalla pyritään optimoimaan ja ohjamaan resursseja tehokkaasti, jolloin työmaan tyhjäkäynti jäisi selvästi nykyistä pienemmäksi. Tämän lisäksi ajankohtainen tieto tulisi välittömästi kaikkien sitä tarvitsevien saataville ja esimerkiksi työsuoritusten raportit syntyisivät automaattisesti. Rakennusosalalla ei ole osattu vielä ottaa käyttöön digitaalisuuden hyötyjä ja alan tuottavuuden kehitys verrattuna muihin toimialoihin on ollut erityisen hidasta. [Kohtamäki 2016.]

#### 3.4.3 Rakennustyön lisäajat

Rakentamisessa häiriöt muodostavat suurimman osan rakentamistyön lisäajoista ja niiden poistamisella saavutetaan aika- ja kustannussäästöjä. Tuotannon häiriöitä aiheuttavat mm. sopimusten mukaisten taukojen keston ylittäminen, kaluston tai koneiden rikkoutuminen, huonot työskentelyolosuhteet, työnjärjestelyn ongelmat tai puutteelliset rakennesuunnitelmat. Ratu 1190-S listaa yleisimmät lisäaikojen syyt:

- vaikeasti toteutettavat suunnitelmat, suunnitteluvirheet, puutteet suunnitelmissa tai piirustuksissa
- kohteeseen sopimattomat materiaalivalinnat ja rakenneratkaisut
- koneiden ja laitteiden rikkoutuminen ja huolto
- työhön soveltumattomat koneet ja kalusto
- väärät työmenetelmät, työryhmän koko tai työn huono organisointi
- materiaalien, nosturin vapautumisen, toisen työvaiheen tai aputyön odottaminen
- työmaan huono järjestys
- sääolosuhteet, kuten pakkanen, pimeys, tuuli, liukkaus.

[Ratu 1190-S: 7 – 10.]



Kuva 6. Ratu-tutkimuksen mukaan eri työvaiheiden lisäajat [Ratu 1190-S: 10].

Kuvassa 6 on havainnollistettu eri työlajien jakautuminen edistävään työhön ja työehtosopimuksen taukoihin sekä lisäaikoihin [Ratu 1190-S: 10].

### 3.5 Rakentamisajan kiihdyttäminen ja aikataulun puristaminen

Ammattirakentamiseen liittyvissä urakkasopimuksissa määritellään lähes poikkeuksetta projektin päättymispäivä. Toiset projektit ovat aikataulullisesti tinkimättömiä eikä mahdollisuuksia epäonnistumisiin ole. Esimerkkinä voidaan mainita valtion panostaminen ra-

kentamiseen olympialaisia varten. Toisaalta on myös projekteja, joilla on määrätty päätymispäivä, mutta sen ylittäminen ei ole yhtä katastrofaalista kuin ensimmäisessä tapauksessa. Tällaisia projekteja ovat esimerkiksi hotellit, kauppakeskukset tai asuinrakennukset. Yleensä rakentamistyömaan normaali työaika on viisi kahdeksan tunnin työpäivää viikossa, mutta tästäkin voidaan sopia erikseen sopimuksissa. [Mubarak 2015: 212 - 213.]

### *Priorisointi*

Rakennusprojektin valmistuminen aikataulussa tai jopa etuajassa on tärkeä tavoite sekä rakennusurakoitsijalle että tilaajalle. Toinen tärkeä tavoite on saattaa projekti valmiiksi määrättyssä budjetissa. Näiden kahden tavoitteen saavuttaminen on ihailtavaa sekä täysin mahdollista, mutta useasti urakoitsija joutuu tilanteeseen, jossa sen täytyy punnita näiden kahden asian tärkeyttä ja löytää sopiva balanssi. Urakoitsija voi joutua tekemään päätöksen kahden seuraavan vaihtoehdon välillä:

- ei lyhennä kestoja ja pitää kustannukset alhaisena
- lyhentää kestoja, jolloin kustannukset nousevat.

Tosiasia on, että aika ja raha ovat molemmat tärkeitä, mutta kuitenkin toisen tarvitsee olla tärkeämpi ja päätös tulee tehdä sen mukaan. [Mubarak 2015: 213.]

### *Projektin nopeutus*

Projektin nopeutuksella tarkoitetaan määritellyn normaalin keston lyhentämistä ilman, että projektin laajuus muuttuu tai laatu heikkenee. Projektin nopeuttamisella ei välttämättä tavoitella lyhintä mahdollista projektin kestoja. [Mubarak 2015: 213.]

### *Miksi nopeuttaa projekteja?*

Rakennusurakoitsijalla voi olla yksi tai useampia syitä projektien nopeuttamiseen, alla esitellään neljä eri motivaatiota. [Mubarak 2015: 213.]

*Urakoitsijan tekemän aikataulun mukainen päättymispäivä ei vastaa päättymispäivää sopimuksessa.* Yleensä urakoitsija tietää tämän tilanteen jo ennen rakennustöiden aloi-

tusta tai joskus jo jopa ennen tarjousta. Useimmissa tapauksissa tilaaja vaatii näytettäväksi urakoitsijan tekemän aikataulun, jossa tulee ilmetä tyydyttävä valmistumispäivä. [Mubarak 2015: 214.]

*Rakennustöiden alettua urakoitsija huomaa, että projekti on aikataulua jäljessä. Tällöin urakoitsija joutuu tekemään uuden aikataulun jäljellä olevien töiden ja aikataulun puitteissa välttääkseen projektin myöhästymisen. Joissain tapauksissa myös tilaaja voi vaatia aikataulun kiristämistä, vaikka projekti etenisikin täysin aikataulussa. Tällöin tilaajan tulee kuitenkin korvata aikataulun kiristämisestä aiheutuvat kustannukset. [Mubarak 2015: 214.]*

*Jossain tapauksissa urakoitsijalla voi olla rahallinen kannustin saada projekti valmiiksi ennen määrättyä valmistumispäivä. [Mubarak 2015: 214.]*

*Silloin, kun yleinen taloustilanne on hyvä, projektin saattaminen aikaisemmin valmiiksi mahdollistaa toisen, urakoitsijalle lisäarvoa tuottavan, projektin aloittamisen. [Mubarak 2015: 214.]*

*Miten projektin kestoa voidaan lyhentää?*

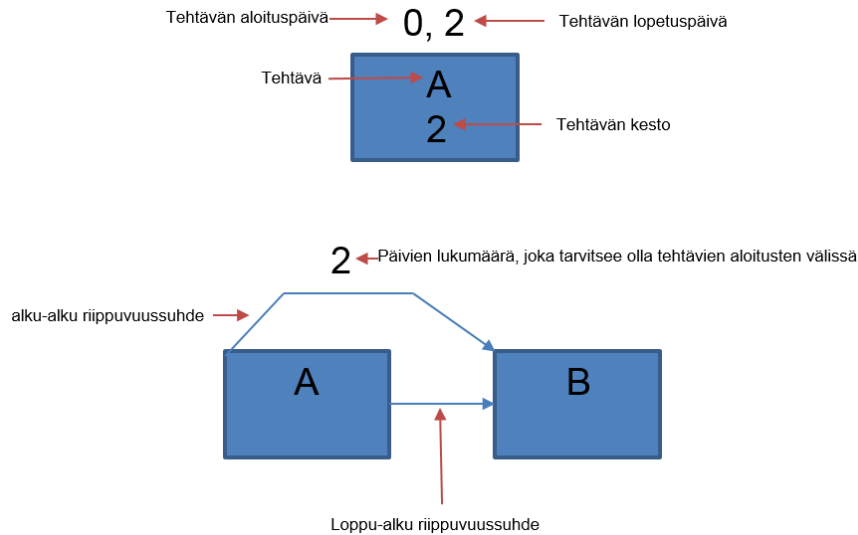
Rakennusprojekti voi kestää lyhemmän tai pidemmän aikaa kuin sen on suunniteltu kestävän. Trendinä on ollut suunniteltua pidempi rakennusaika. Poikkeamia aiheuttavat eri syyt, jotka voivat olla joko urakoitsijasta johtuvia tai ei-johtuvia. Urakoitsijasta ei-johtuvien syiden osalta voidaan puhua ylivoimaisista esteistä, "force majeure", ja tällaisia ovat esimerkiksi rakennuspaikka ja sen kunto tai piirustusajataulun piteneminen tilaajan toimesta. Tässä insinööriyössä keskitytään tarkastelemaan niitä rakennusprojektin keston lyhentämiseen liittyviä asioita, joihin rakennusurakoitsija voi vaikuttaa. Rakennusteollisuuden Instituutti, The Construction Industry Institute, on löytänyt kaikkiaan yli 90 erilaista tekniikkaa aikataulun lyhentämiseksi. Myöhemmässä vaiheessa nämä tekniikat on jaettu eri projektivaiheisiin ja toimintoihin. [Mubarak 2015: 214 - 215.]



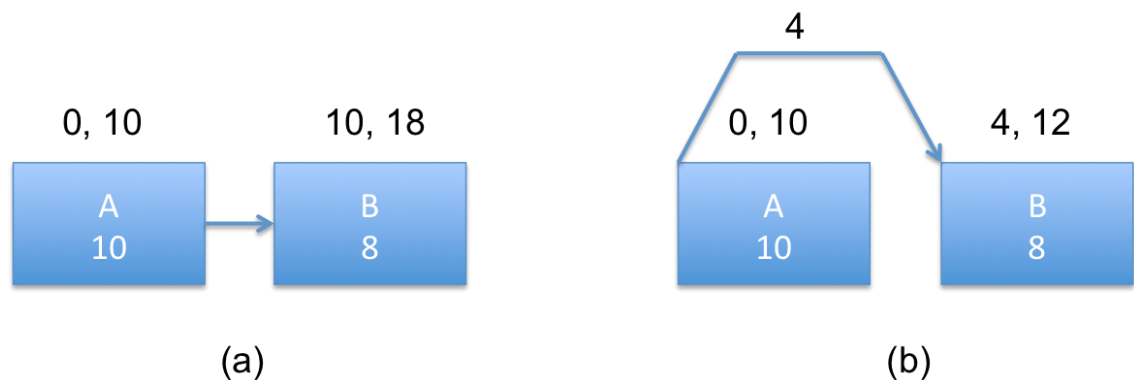
- ideat, joita voidaan soveltaa projektin jokaisessa vaiheessa
- teknillinen vaihe (rakennussuunnittelu)
- sopimustekninen lähestymistapa
- aikataulutus
- materiaalien hallinta
- rakennustöiden johtaminen
- työntekijöiden johtaminen työmaalla
- käynnistysvaihe.

Nämä tekniikat kuitenkin aliarvioivat varhaisen suunnittelun tarpeen. Päätös projektin aikataulun lyhentämisestä saattaa syntyä kesken rakentamisen, mutta mitä pidemmälle rakentaminen edistyy, sitä vähemmän keinoja on käytettävissä rakentamisajan lyhentämiseksi. Mikä aikaisemmin päätös rakennusprojektin lyhentämisestä tuodaan ilmi, sitä helpompaa sen toteuttaminen on. Mubarak [2015] suosittelee kirjassaan kymmentä erilaista tekniikkaa rakennusprojektien lyhentämiseen: [Mubarak 2015: 214.]

*Aikataulun läpikotainen uudelleentarkastaminen virheiden tai pakotteiden löytämiseksi:* Yleisin virhe on käyttää tehtävien välillä loppu-alku-riippuvuussuhdetta, vaikka alku-alku-riippuvuussuhde olisi täysin mahdollinen muutaman päivän viiveellä. Esimerkiksi kuvassa 8 havainnollistettuna kohdassa (a) tehtävä B ei voi alkaa ennen kuin tehtävä A on saatettu täysin valmiiksi. Uudelleen tarkastelulla kohdassa (b) huomaamme, että tehtävä B voi alkaa neljän päivän päästä tehtävän A alkamisesta, tällä tavalla kokonaisuudessa säästämme kuusi päivää. [Mubarak 2015: 215.]



Kuva 7. Kuvassa on annettu selitykset Kuvan 8 merkeille.



Kuva 8. Ajan säästämisen ero (a) loppu-alku ja (b) alku-alku -riippuvuussuhteessa olevien tehtävien välillä. Muokattu lähteestä: [Mubarak 2015: 215.]

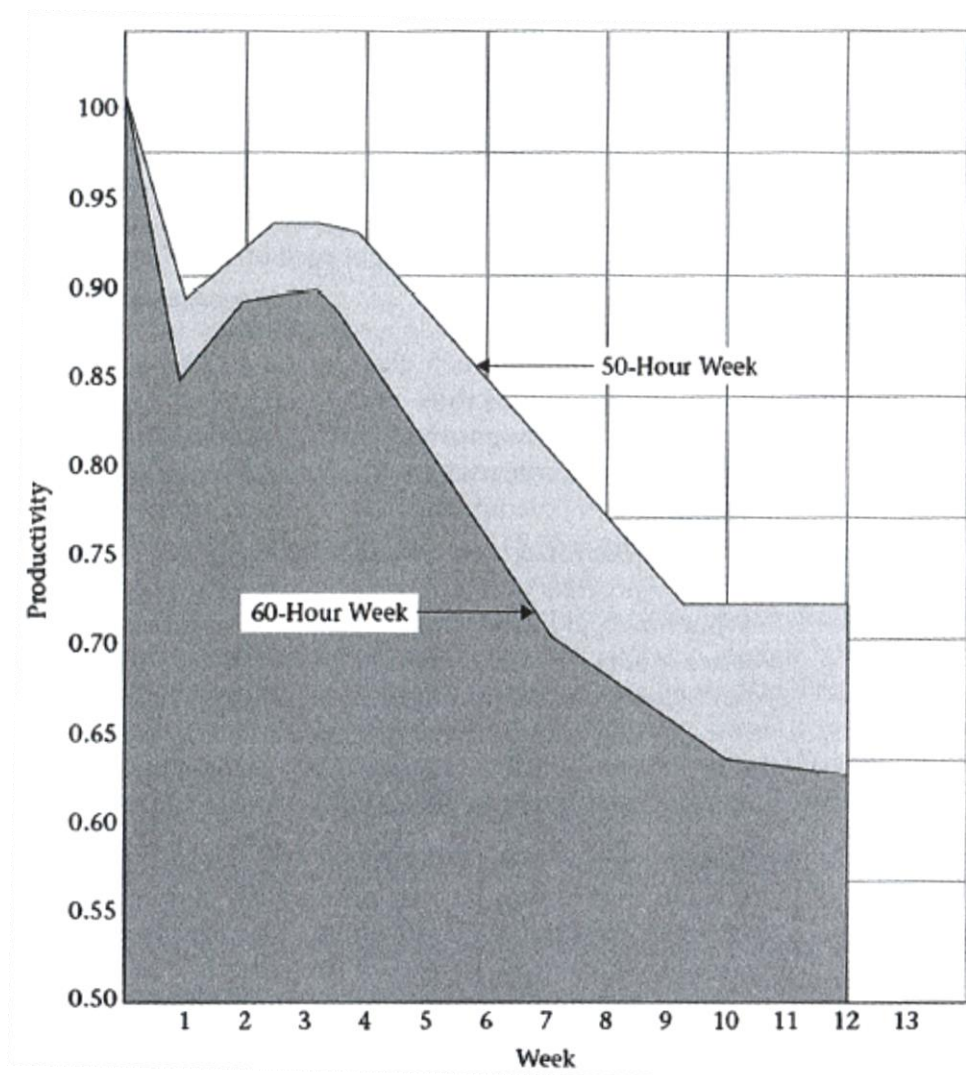
*Projektin oikaisu (Fast-track the project):* Projektin oikaisulla tarkoitetaan rakennustöiden aloittamista ennen kuin kaikki suunnitelmat ovat kokonaisuudessa valmiita. Projekti voidaan esimerkiksi pilkkoa viiteen osaan ja ensimmäisen osan suunnitelmien valmistuttua aloitetaan rakennustyöt. Samanaikaisesti rakennustöiden kanssa jatketaan rakennusprojektin muiden osien suunnittelua. Malli on hyödyllinen erityisen isoissa rakennusprojekteissa, jotka kestävät useita vuosia. Mallin hyödyntäminen ei ole tarkoituksenmukaista esimerkiksi yksittäisten kerrostalojen rakentamisessa. [Mubarak 2015: 215.]

*Rakennettavuuden tarkastelu:* Rakennettavuuden tarkastelulla tarkoitetaan piirustuksen ja suunnitelmien läpikäymistä ennen rakennustöiden aloittamista. Tässä vaiheessa luon-

nollinen monimuotoisuus on avainasemassa. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi vastaavan mestarin, työ- tai projektipäällikön ei kannata yksin koittaa ymmärtää koko rakennustyömaan kaikkia yksityiskohtia, vaan tarkasteluun osallistetaan rakennettavuuden eri osa-alueita parhaiten ymmärtävät henkilöt, kuten esimerkiksi LVIS-töihin erikoistunut alirakoitsija. [Mubarak 2015: 216.]

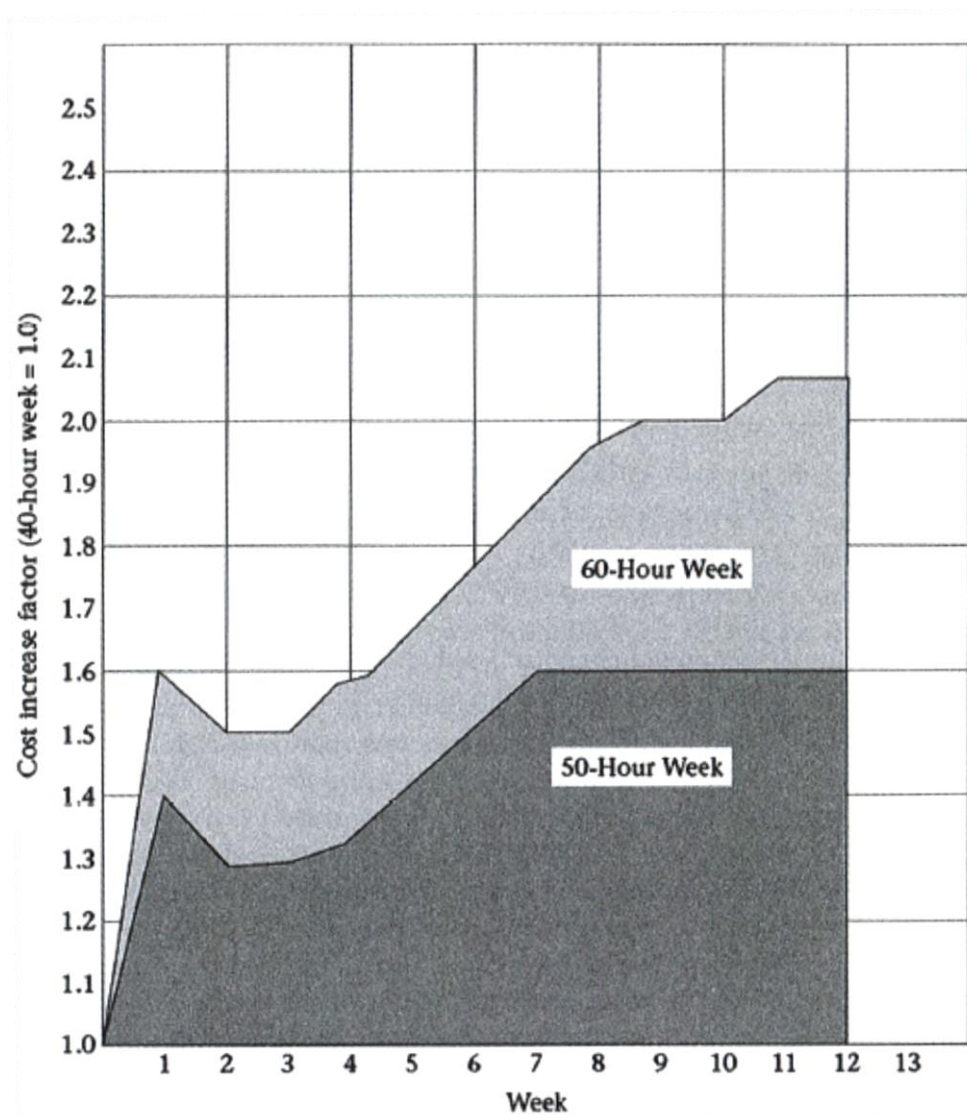
*Tietomallinnuksen (BIM) käyttäminen:* Tietomallinnuksen käyttäminen rakennusprojekteissa yhdessä Lean-rakentamisen periaatteiden kanssa on osoittautunut tehokkaaksi keinoksi säästää aikaa ja rahaa. Tietomallinnus havainnollistaa rakennusprosessin ennen rakentamista, mikä auttaa havaitsemaan ristiriitaisuuksia. Tutkimusten mukaan tietomallinnus auttaa parantamaan kaikkia osa-alueita, kuten kustannuksia, aikataulutusta, tuottavuutta ja turvallisuutta. Lean-rakentamisen periaatteet sen sijaan tuottavat lisäarvoa vähentämällä hukkaa, parantamalla kannattavuutta ja laatua sekä varmistamalla asiakkaan tyytyväisyyden. [Mubarak 2015: 217.]

*Ylityöt – enemmän tunteja päivässä tai enemmän päiviä viikossa:* Joidenkin tutkimusten tulokset osoittavat, että yli 40 tunnin työskentely viikossa laskee työn tuottavuutta. Kuvassa 11 nähdään Rakennusalan Neuvottelupöydän (The Construction Users Roundtable, CURT) tekemä tutkimus, jossa on mitattu rakennustyön tuottavuutta 12 viikon ajan, kun tehdään 50 ja 60 tunnin mittaista työviikkoa. Ylitöitä teetettäessä on punnittava ajan ja rahan välillä. Ylitöiden myötä työvaihe aika lyhenee, mutta samanaikaisesti maksetaan ylityökorvauksia ja tuottavuus laskee. [Mubarak 2015: 217 - 218.]



Kuva 9. Kumulatiivinen vaikutus ylitöiden tuottavuuteen 50 ja 60 tunnin mittaisilla työviikoilla. Productivity = tuottavuus, Week = viikko, Hour Week = tuntia viikossa. [Mubarak 2015: 218.]

Rakennusalan Neuvottelupöytä tutki myös laskevan tuottavuuden ja ylitöistä johtuvien kustannusnousujen yhteisvaikutusta ja kuvassa 10 nähdään kyseisen tutkimuksen tulokset. Yleisesti voidaan ajatella, että ylitöitä kannattaa vain tehdä lyhytkestoisesti tarvittaessa. Jos päivässä on tehtävä enemmän tunteja, on pitkällä aikavälillä kannattavampaa palkata toinen työryhmä kuin teettää ylitöitä jatkuvasti samalla työryhmällä. [Mubarak 2015: 218.]



Kuva 10. Kustannusten nousun kuvaus peräkkäisiltä ylityöviikoilta. Cost increase factor = kustannuskertoimen, Week = viikko, Hour Week = tuntia viikossa. [Mubarak 2015: 219.]

*Tarjota kannustimia työntekijöille tai henkilökunnalle parantamaan tuottavuutta:* Rakennusurakoitsijalla itsellään on yleensä kannustimia aikataulun lyhentämiseen, kuten myöhästymissakkojen välttäminen tai bonuksen ansaitseminen. Työntekijöiltä tällaiset kannustimet normaalisti puuttuvat, mutta niiden tarjoaminen on kannattavaa. Symbolisia kannustimia ovat esimerkiksi työmaahenkilöstön yhteinen matka, lippu jääkiekko-otteluun, muistomerkki tai vaikkapa kahvimuki. Kannustimet voivat tarjota myös rahallista kompensatiota esimerkiksi maksettuina lomina. [Mubarak 2015: 219.]

*Hanki enemmän työntekijöitä:* Tämä voi tarkoittaa työntekijöiden lisäämistä sen hetkiin työvoimaan tai lisätyöntekijöiden palkkaamista kaksi- tai kolmivuorotöiden muodostamiseksi. Normaalisti sallittujen työntekijöiden ja koneiden määrä ovat rajoitettuja työmaalla, sillä liiallinen työntekijöiden, koneiden ja laitteiden määrä voi aiheuttaa ruuhkautumisen. Ruuhkautumisen myötä tuottavuus laskee ja työturvallisuus heikkenee. Mikäli työskennellään vuoroissa, työnjohdon tulee varmistua työn yhtenäisyydestä. Olennaisinta työntekijöiden määrän lisäämisessä on balanssi rahan ja työntekijöiden välillä. On tarkasteltava, mitä työn tekeminen maksaa kokonaisuudessaan ilman lisäresursseja tai lisäresurssien kanssa ja saadaanko hankitut lisäresurssit työllistettyä myös seuraavissa projekteissa. [Mubarak 2015: 119 - 220.]

*Hanki erityisiä materiaaleja tai koneita, jotka nopeuttavat töiden tekoa:* Esimerkkinä voidaan vertailla kerrostalotyömaalla joko autonosturin tai torninosturin käyttöä. Toisena esimerkkinä voidaan ajatella esivalmistettujen rakennusosien, kuten kylpyhuoneiden tilaelementtien, käyttöä rakennustyömaalla. [Mubarak 2015: 220.]

*Projektijohdon ja/tai työnjohdon kehittäminen:* Jossain projekteissa saattaa ilmetä valtaistelu vastaavan työnjohtajan ja ns. konttorin väen välillä. Projektin onnistumisen edellytyksenä on, että jokainen tavoittelee yhteistä päämäärää. Elinvoimaisen tärkeää on, että jokainen ymmärtää asiat samalla tavoin ja yhteiset tavoitteet ovat kristallin kirkkaana mielessä koko projektin ajan. [Mubarak 2015: 220.]

*Kommunikaation kehittäminen eri asianosaisten välillä, erityisesti rakennussuunnitteluvaiheessa:* Rakennussuunnitteluvaiheessa asianomaisten tulee käydä suoraa ja avointa keskustelua ja jättää kaikki ylimääräiset osapuolet pois tiedonkulun väliltä. Digitalisaatio on tällä hetkellä avainasemassa kommunikaation kehittämiseksi. [Mubarak 2015: 220 - 221.]

Kun kaikki kymmenen tekniikkaa aikataulun lyhentämiseksi on esitelty, voidaan todeta, että mitä aikaisemmin päätös rakentamisajan lyhentämisestä syntyy, sitä useampien keinojen käyttö on mahdollista. [Mubarak 2015: 221.]

### 3.6 Aikataulusuunnittelu

Aikataulut tehdään kuvaamaan rakennustyömaan tuotantoa ja niiden avulla ohjataan sekä valvotaan työmaata. Rakennustyömaalla laaditaan tuotannon eri vaiheissa tarkkuuksiltaan erilaisia aikatauluja, joissa olennaisinta on aikataulun realistisuus sekä tavoitteellisuus. Keskeistä aikataulusuunnittelussa on käyttää kaikki olemassa oleva relevantti tieto aikataulun luomiseen sekä päivittää jo tehtyä aikataulua tarkemmaksi hankkeen edetessä. Tärkeää on myös havaita tuotannon poikkeamat sekä varautua tuotannon häiriöön tai olosuhteiden tai suunnitelmien muutoksiin. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 62.]

Aikataulun mukainen toiminta on moniulotteinen ja monivaiheinen prosessi. Aikataulu toimii rakentamisprojektin aikana useiden päätösten perustana ja tällaisia päätöksiä ovat esimerkiksi kustannukset, sopimukset, laadunvarmistus sekä resurssien mitoittaminen. Aikataulun laadintaan tulee mahdollisuuksien mukaan varata aikaa, jotta eri osapuolten väliset toteuttamiskelpoisuustarkastelut olisivat mahdollisia. Aikataulusuunnittelussa on tyypillistä iterointi, koska hankkeen edetessä suunnitelmat tarkentuvat ja muuttuvat tai esiin saattaa tulla jotain muuta asiaa tarkentavaa tietoa. Olennaista on, että aikataulusta tehdään uskottava ja toteutuskelpoinen. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 62.]

#### 3.6.1 Ajallisen suunnittelun sisältö

Tuotannonsuunnittelu, tuotannonohjaus sekä valvonta ovat avainasemassa asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa. Tuotannonsuunnittelun keskeisin osa on ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Aikataulusuunnittelu luo perustan muun tuotannonsuunnittelun osa-alueille sekä tuo ilmi suunnitelmista poikkeamisen ja epäkohdat. [Koskenvesa ym. 2015: 18.]

Aikataulu on malli hankkeen toteutuksesta. Aikataulun tekemisessä pyritään löytämään jokaiselle työvaiheelle realistinen toteutusmalli, joka perustuu olemassa olevaan tietoon. Toisin sanoen aikataulun tekeminen on realististen tavoitteiden asettamista (aloitus- ja lopetuspäivät sekä työvoima), joka perustuu faktoihin. [Koskenvesa ym. 2015: 18.]

Tyypillisesti rakennuttaja laatii hankeaikataulun, jonka realistisuus, tavoitteellisuus ja yhteys muihin suunnitelmiin luovat perustan hankkeen kaikelle muulle ajalliselle suunnittelulle. [Koskenvesa ym. 2015: 18.]

Päätoteuttaja laatii ja rakennuttaja hyväksyy yleisaikataulun, jonka tulee olla YSE1998 mukainen ja joka toimii urakkasopimuksen yhtenä työkaluna. Aluksi yleisaikataulu on ns. sopimusyleisaikataulu, jonka päätoteuttaja tarkentaa työmaan yleisaikatauluksi. [Koskenvesa ym. 2015: 18.]

### 3.6.2 Suunnittelun periaatteet

Yleisaikataulun realistinen laadinta edellyttää tietoa työryhmän koosta, kapasiteetista, työmenekeistä sekä työsaavutuksista. Tiedot voivat perustua kokemukseen, tavoitearvioon tai Ratun Aikataulukirjaan. [Koskenvesa ym. 2015: 19.]

Etukäteissuunnittelua tärkeämpää on, että ajallinen suunnittelu toteutuu työnaikaisella ohjauksella. Aikatauluvalvonnasta vastaavan henkilön tulee olla jatkuvasti ajan tasalla sekä kokonaisuudesta että yksittäisien tehtävien tilanteesta ja verrata niitä suunnitelmien mukaisiin tilanteisiin. Aikatauluvalvonnasta vastaavan henkilön tulee myös tuntea tuotannonohjauksen ominaisuudet sekä mahdollisuudet. [Koskenvesa ym. 2015: 19.]

Rakennustyömaalla aikataulut kuvaavat tuotantoa. Keskeistä tässä on havaita tuotannon poikkeamat. Tuotannonohjaukselta on mahdotonta harjoittaa ilman aikatauluja, joissa kuvataan aikaa suhteessa suoritelmäärään tai paikkaan. Aikataulusuunnittelussa tulee ottaa huomioon tuotannon häiriintyminen tai olosuhteiden ja suunnitelmien muutokset. [Koskenvesa ym. 2015: 19.]

Työmaalta katsottuna toimivan aikataulun peruselementit ovat:

- vain keskeisistä tehtävistä tehdään aikataulutehtäviä, oli sitten kyseessä oma tai aliurakoitsijan työ
- kaikki aikataulutehtävät tulee mitoittaa perustuen esimerkiksi yrityksen omiin tiedostoihin tai Ratu-tiedostoihin
- aikataulutehtäviä ei tule alimitoitaa, koska se lisää häiriöitä
- maksimoitaessa työtehtävien samanaikaisia toteutuksia, pyritään antamaan jokaiselle työrauha
- aikataulutehtäviä ei tule pilkkoa liian pieniin osiin, jotta ohjattavuus säilyy
- riippuvuudet tehtävien välissä hallittava
- aikataulu on esitettävä siten, että se mahdollistaa tuotannon valvonnan.

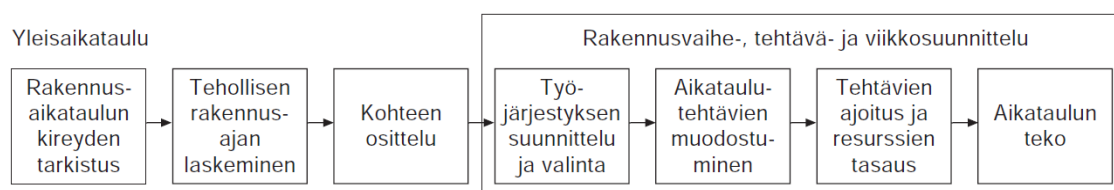


Aikataulu tulee laatia edellä mainittujen peruselementtien mukaan, mikäli halutaan helpottaa työmaan johtamista sekä tuotannonohjausta. [Koskenvesa ym. 2015: 19.]

### 3.6.3 Aikataulusuunnittelun vaiheet

Hankkeen aliurakointiaste ja työvoiman käyttöperiaate, kokonaiskeston kireys sekä hankkeen laajuus ja tekninen vaikeus vaikuttavat merkittävimmin eri vaiheiden keskinäisiin järjestyksiin ja merkityksiin. Kuvassa 11 on havainnollistettu ajallisen suunnittelun eteneminen rakennushankkeessa. Tyypillinen ohje ajalliseen suunnitteluun: [Koskenvesa ym. 2015: 19 - 20.]

- tarkista rakennusaikataulun kireys
- laske tehollinen rakentamisaika
- osittele kohde
- muodosta aikataulutehtävät
- mitoitte tehtävät
- suunnittele ja valitse työjärjestys
- ajoita tehtävät ja tasaa resurssit eli tahdistus ja rytmitys
- tee tuotantoa palveleva aikataulu
- tarkista aikataulun toteutuskelpoisuus.



Kuva 11. Ajallisen suunnittelun eteneminen [Koskenvesa ym. 2015: 19 – 20].

Aikataulusuunnittelussa iteroidaan useasti, koska suunnittelun edetessä huomataan useasti aikaisempien päätösten puutteellisuutta tai virheellisyyttä. Vasta lähellä toteutusta voimme realistisesti sitouttaa tuotannon resursseja tavoitteiden saavuttamiseen. [Koskenvesa ym. 2015: 19 - 20.]

Aikataulusuunnittelijan tulee huolellisesti perehtyä rakennuskohteeseen. Keskeisimmät työkalut perehtymiseen ovat tavoitearvio sekä suunnitelma- ja urakka-asiakirjat. Keskeisimmät selvittävät asiat ovat työvoiman käytön periaatteet ja aliurakkana tehtävät työt, tuotantotekniset ratkaisut, tuotanto-olosuhteet, tekniset vaatimukset, välitavoitteet sekä kokonaisrakennusaika. [Koskenvesa ym. 2015: 19 – 20.]

#### 3.6.4 Rakentamisajan määrittäminen

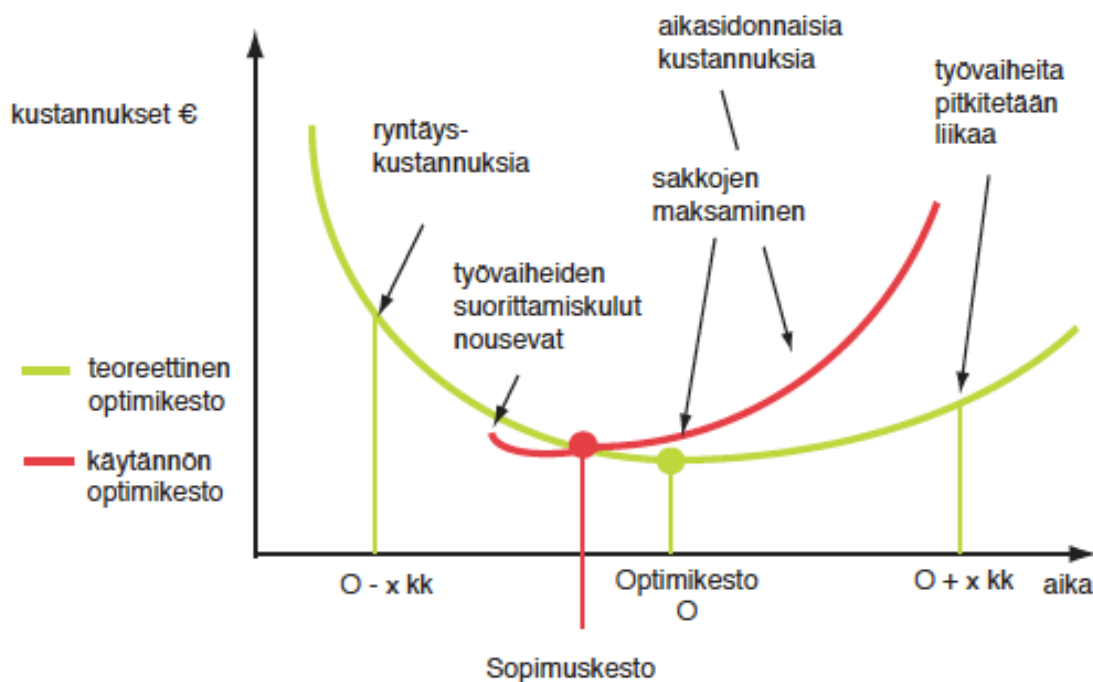
Rakennuttaja määrittelee koko hankkeelle rakentamisajan, joka sisältää rakentamiseen varatun ajan. Rakennusyrityksen näkökannasta myös yksittäisten hankkeiden kireystaso vaihtelee aikataulullisesti ja tuotannon aloitusajat eivät aina ole parhaat mahdolliset. Aikataulutukseen vaikuttavia asioita ovat mm. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 64.]

- olosuhteet
- päärakennusmateriaali
- rakennejärjestelmä
- talotekniikka
- toteutustapa ja -muoto
- rakennusfysikaaliset tekijät
- aloitusajankohta.

Aikataulutuksessa olennaisinta on sen realistisuus olemassa oleviin tietoihin nähden sekä aikataulun sitominen tuotantoon, jota voi mitata ajan kanssa. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 64.]

Teoreettisen optimiajan laskeminen on mahdollista kustannusten kautta, kuten kuvassa 12 on havainnollistettu. Rakentamisajan pidentäminen nostaa aikaan sidottuja kustannuksia, mutta laskee työvaiheen suorittamiseen vaadittavia kustannuksia tiettyyn pisteeseen saakka. Välittömästi aikasidonnaisia kustannuksia ovat palkat, konevuokrat, kalusto, työmaan ylläpito, rakennuksen ylläpito ja tilaajan sanktiot. Optimirakentamisajan löytäminen on varmasti kaikkien osapuolten intressissä, mutta sen löytäminen on haas-

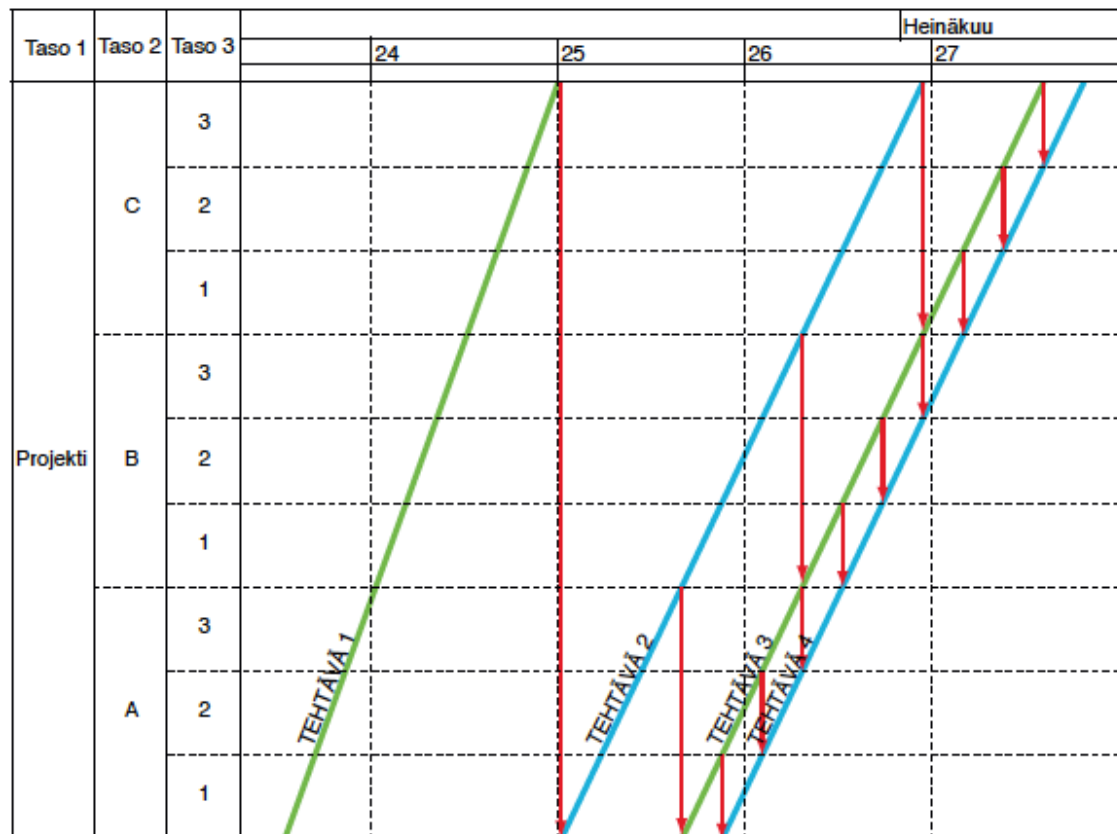
teellista. Sanotaan, että aika on rahaa rakennuttajalle, sillä mitä aikaisemmin tila saadaan käyttöön, sitä aikaisemmin se saadaan myös tuottamaan. Yleensä optimikeston perusteet on lukittu sopimuksissa ja ne eroavat teoreettisesta optimikestosta. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 64.]



Kuva 12. Teoreettisen ja käytännön -optimiaikataulun vertailu rakennuksille [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 64].

### 3.6.5 Kohteen jakaminen osakohteisiin

Rakennuskohteen osittelussa perusajatuksena on päästä maksimaaliseen tuotannon tehokkuuteen. Osittelu edesauttaa myös tuotannonsuunnittelua sekä -ohjausta. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 71.]

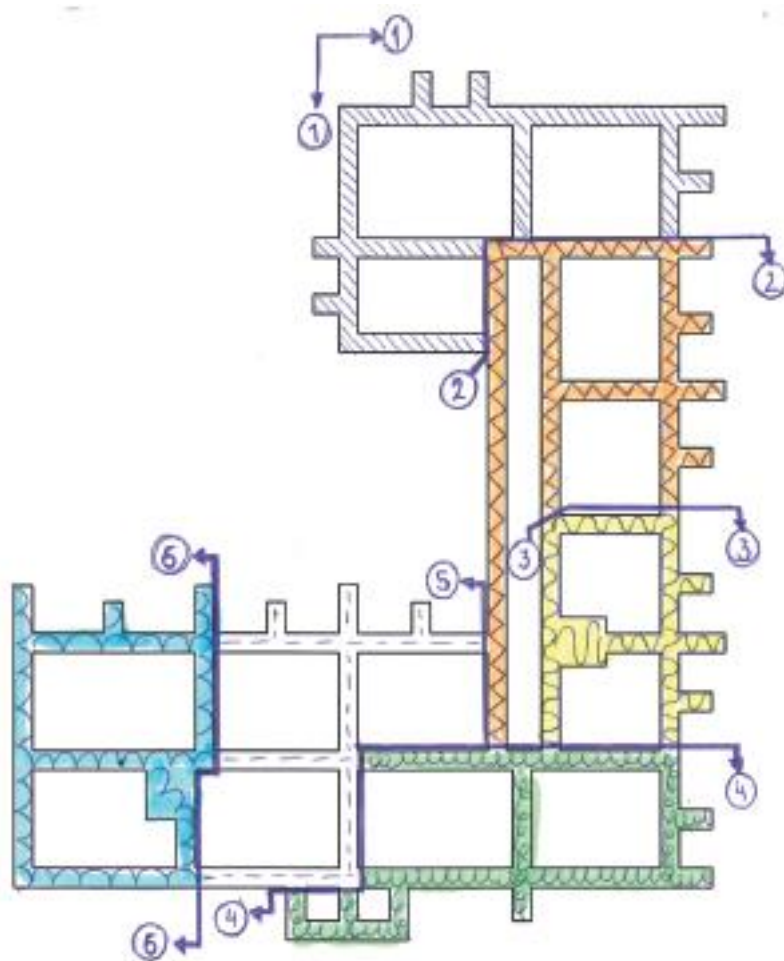


Kuva 13. Tehtävä voidaan suorittaa tehokkaammin, jos se voidaan pilkkoa pienempiin osiin [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 71].

Kuva 13 selkeyttää kohteen pilkkomisen hyötyjä. Tehtävä 1 on pilkottu vain tason 1 mukaan, mutta tehtävä 3 on pilkottu tason 3 mukaan, mikä tehostaa tuotantoa ja resurssien käyttöä. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 71.]

### Lohkot

Tyypillisesti kohteet jaetaan erilaisiin lohkoihin, jotka voidaan vielä haluttaessa jakaa pienempiin työ- tai osakohteisiin. Lohko voidaan määritellä siten, että siellä voidaan tehdä työ valmiiksi yhtenä kokonaisuutena. Työkohte on yksi lohkon osa, jossa tehdään vain yhtä tehtävää kerrallaan. Lohkot muodostuvat kohteen osista, jotka eroavat toisistaan sijainniltaan tai kerrosluvultaan, suunnitteluratkaisultaan tai tuotantotekniikaltaan. Liikunta- ja työsaumat tai moduulilinjat erottelevat lohkot toisistaan. Jokainen lohko voidaan suunnitella ja toteuttaa niin kuin itsenäinen rakennuskohde. Normaalisti lohkon sopivaksi koko on 3000 - 5000 brm<sup>2</sup>. Kohteen jakaminen lohkoihin isoissa kohteissa on huomattavasti helpompaa kuin monikerroksisissa pienissä taloissa. [Koskenvesa ym. 2015: 24.]



Kuva 14. Esimerkki osakohdejaosta perustusvaiheessa [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 75].

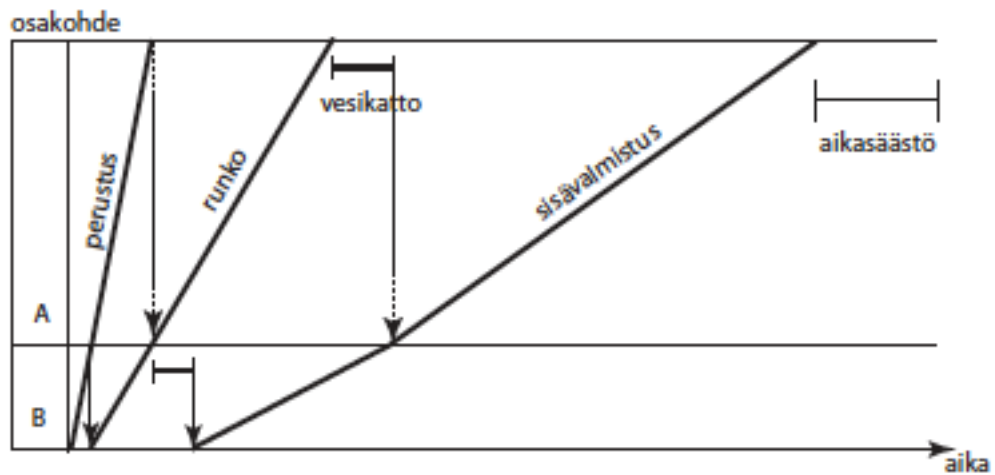
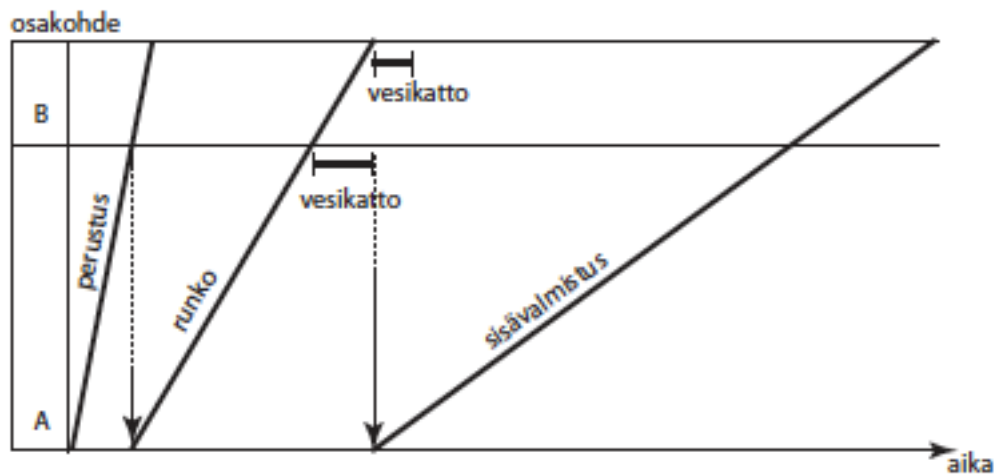
Lohkojaon etuna on, että esimerkiksi sisävalmistusvaihe voidaan aloittaa, kun runko on saatu valmiiksi yhdessä kohteen osassa eikä tarvitse odottaa, että koko runko on valmis. Aikaisella sisävalmistusvaiheen aloituksella voidaan lyhentää koko rakentamisaikaa tai pidentää tehtävien välissä olevia ajanjaksoja, mikä poistaa tehtävien häiriöherkkyyttä. [Koskenvesa ym. 2015: 24.]

#### *Lohkojen toteutusjärjestys*

Teorioiden mukaan tulisi pyrkiä käyttämään Hossin sääntöä lohkojen suoritusjärjestyksen optimoinnissa. Hossin säännön mukaan työt tulisi aloittaa sieltä missä perustus- ja runkovaiheen kesto on lyhin ja viimeisenä aloitetaan se lohko, jonka sisävalmistusvaihe on lyhin. Taulukko 1 havainnollistaa Hossin sääntöä. [Koskenvesa ym. 2015: 25.]

Taulukko 1. Valitaan ensimmäiseksi lohkoksi B, koska sen perustus- ja runkovaihe ovat lyhimät. Lohko D valitaan viimeiseksi, koska siinä on lyhin sisävalmistusvaihe. Lohkon B jälkeen tehdään lohko A, koska siinä on seuraavaksi lyhin perustus- ja runkovaihe. Järjestys B-A-C-D. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 74.]

	<i>kesto (kk)</i>			
	<i>lohko A</i>	<i>lohko B</i>	<i>lohko C</i>	<i>lohko D</i>
<i>perustus</i>	1,5	1	1,5	1
<i>runkovaihe</i>	4	3	5	4
<i>sisävalmistusvaihe</i>	7	5	6	5



Kuva 15. Kuvassa on havainnollistettu lohkojen toteutusjärjestyksen vaikutusta hankkeen kesto-  
toon [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 74].

### 3.6.6 Työjärjestyksen suunnittelu ja valinta

Työjärjestystä suunniteltaessa kohteen osakohteisiin jakamisen lisäksi on huomioitava eri tehtävien väliset riippuvuudet. Tehtävät, työt tai työvaiheet ovat riippuvaisia kaikesta muusta toiminnasta työmaalla, mutta olennaista on punnita tehtävien välisten riippuvuuksien painoarvoa työjärjestystä suunniteltaessa. Vaikka suunnitelma-asiakirjoista käy ilmi monet riippuvuudet, ilman työmaakokemusta niitä on vaikea tunnistaa, sillä suunnitelmissa rakenteet on kuvattu valmiina. Olennaisinta on, että työnjohto muodostaa itselle käsityksen, miten ja missä järjestyksessä työ suoritetaan. [Koskenvesa ym. 2015: 26.]

Suunniteltaessa työjärjestystä sekä työtehtävien limitystä voidaan riippuvuudet kategorisoida neljään ryhmään:

- loogiset riippuvuudet (ehdottomia, esimerkiksi betonimuottia ei voi purkaa ennen kuin betoni on valettu)
- olosuhderiippuvuudet (Määräytyvät työmaajärjestelyiden, sääolosuhteiden ja sopimusten perusteella. Esimerkiksi on sovittu, että sisävalmistusvaiheen työt aloitetaan ylimmästä kerroksesta.)
- tekniset riippuvuudet (toteutustekniset seikat, esimerkiksi laatta valetaan kahdessa osassa liikuntasauaman takia)
- resurssiriippuvuudet (resurssien siirtyminen, esimerkiksi kirvesmiesryhmä siirtyy vesikaton puutöiden jälkeen tekemään kipsiväliseiniä).

Toisaalta, resurssiriippuvuudet viittaavat myös esimerkiksi nosturin käyttöön työmaalla. Nosturi voi tehdä ainoastaan yhtä nostoa kerralla ja vaikka teoriassa rungon elementtien asennustyötä voitaisiin tehdä kahdessa talossa samaan aikaan, pelkästään kaksi työryhmää ei tuo lisäarvoa rungon pystytykseen, kun nosturi ei pysty tehokkaasti palvelemaan molempia työryhmiä samanaikaisesti. [Koskenvesa ym. 2015: 27.]

#### *Riippuvuustyypit*

Rakennushankkeissa tehtävien limitykset ovat rajallisia, koska tehtävät ovat useasti loppu-alku-riippuvuussuhteessa. Tästä johtuen hankkeen osittelu korostuu, mikäli intressissä on esimerkiksi lyhentää rakennusaikaa. On olemassa myös alku-alku-riippuvuussuhteessa olevia tehtäviä, jotka kannattaa hyödyntää maksimaalisesti lyhentääkseen rakentamisaikaa. Tällainen tehtävä on esimerkiksi holvilaudoitus, jonka ei tarvitse olla ko-

konaan valmis raudoituksen aloittamiseksi. Raudoitus seuraa laudoitusta määrättyllä liimityksellä. Toisena esimerkkinä on väliseinätyön ja LVIS-töiden yhteensovitus sekä alku-loppu -riippuvuussuhteesta esimerkkinä talvibetonointi, jossa on huolehdittava lämmityksestä ja suojaustoimista. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 82.]

Yleisesti tehtävien väliset riippuvuudet tunnetaan hyvin, mutta vasta riippuvuussuhteiden tarkastelulla voidaan havaita mahdolliset ongelmakohdat työmaalla [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 82].

### 3.6.7 Aikataulutehtävien muodostaminen

Tehtävät ovat aikataulussa toimintoja tai töitä, jotka vaativat resursseja ja rahaa. Aikataulutehtävien muodostamisessa olennaista on, että hallitaan työn eteneminen ja saavutetaan asetetut tavoitteet. Tehtävistä tulee muodostaa kokonaisuuksia, joita voidaan valvoa ja tuotantoa ohjata. [Koskenvesa ym. 2015: 25.]

Tehtäviä määriteltäessä työmaan yhteistoiminnan tulee olla keskiössä. Tehtävät ovat sekä aliurakoitsijan että pääurakoitsijan omien työntekijöiden tekemiä työvaiheita. Tehtävät sisältävät usein myös täydentäviä suorituksia, joita ovat aloittavat, lopettavat ja ylläpitävät suoritukset. [Koskenvesa ym. 2015: 25.]

Suoritemäärät tehtäviin saadaan laskemalla erikseen tai määräluettelosta. Mikäli kustannusarviovaiheessa tehdään määrämittaus työkohteittain, on siitä apua sekä tuotannon valvonnassa ja hankintojen järjestelyssä että aikataulusuunnittelussa. [Koskenvesa ym. 2015: 25.]

### 3.6.8 Aikataulun tekeminen ja toteutuskelpoisuus

Aikataulun toteutuskelpoisuus arvioidaan ennen kuin se hyväksytään työaikatauluksi urakkasopimusehtoihin. Tärkeää on, että työryhmien koko ja suoritusnopeus on esitetty. Aikataulusta tulee tarkistaa, että se täyttää asetetut sopimusvaatimukset, kuten sovitun rakennusajan, rakentamisvaiheiden kestoa koskevat välitavoitteet ja myös luovutusvaiheen välitavoitteet. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 85.]

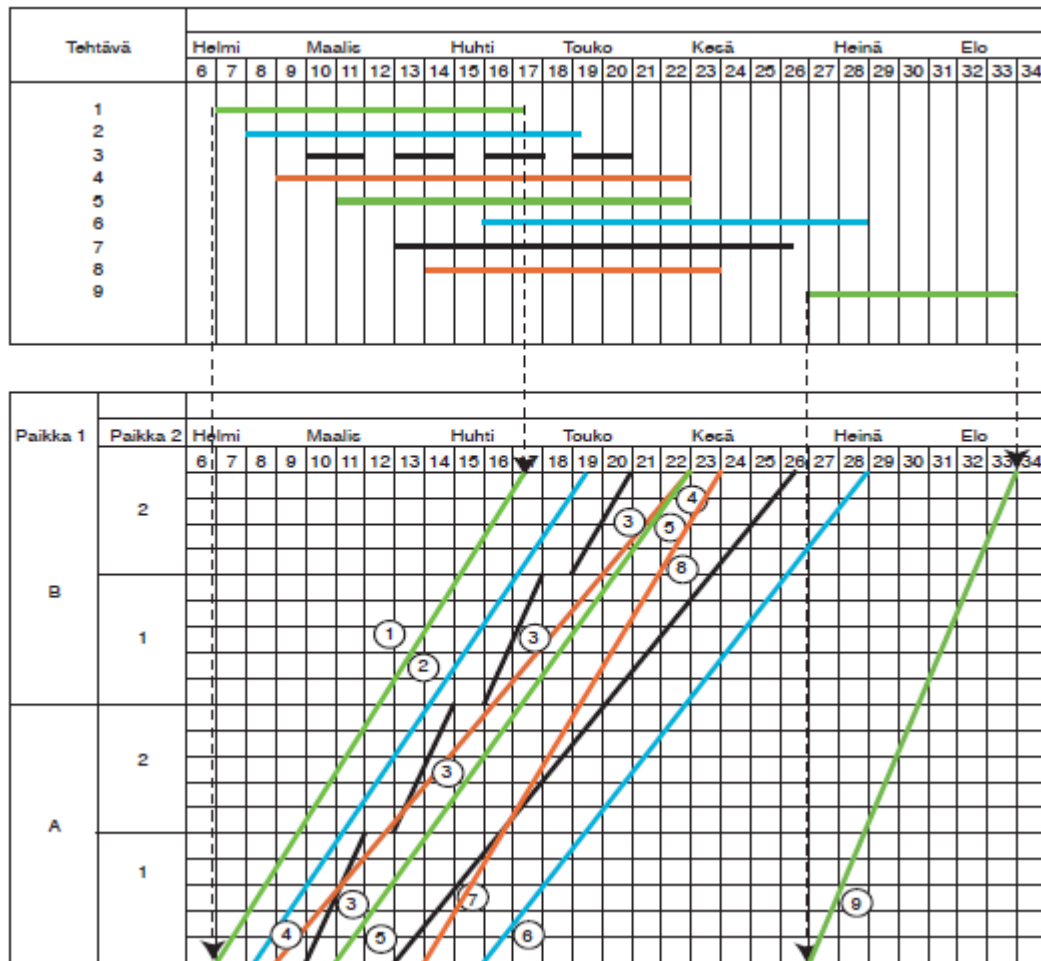


Aikataululle hyviä ominaispiirteitä ovat:

- tehtävät ovat kokonaisuuksia, joita voidaan valvoa ja tuotantoa ohjata
- tehtävät ovat tuotokseen sidottuja
- häiriötilanteisiin on varauduttu tuotannossa
- aikataulu on esitetty niin, että poikkeamat voidaan havaita
- rakenteiden kuivumiselle on varattu riittävästi aikaa
- resurssien käyttö on suunniteltu
- jokaisella aikataulutehtävällä on tarpeellinen työrauha
- LVIS-työt on sovitettu yhteen rakennusteknisten töiden kanssa
- aikataululle on tehty riskitarkastelu.

[Siikanen & Kankainen 2004: 8.]

Aikataulun tulee myös olla jaettu selkeisiin lohkoihin (3000 - 5000 brm<sup>3</sup>) ja työkohteisiin. Lohkoista pystytään tarkistamaan, ovatko ne oikeassa järjestyksessä (Hossin sääntö). Lisäksi on tarkistettava, että aikataulutehtäviä on sopiva määrä, ne ovat olennaisia ja että tehtävien työjärjestys on tarkoituksenmukainen. Mahdollisia konflikteja on helppo havaita nykyaikaisin keinoin paikka-aikakaavioiksi muutetuista jana-aikatauluista, kuten kuva 16 havainnollistaa. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 86.]



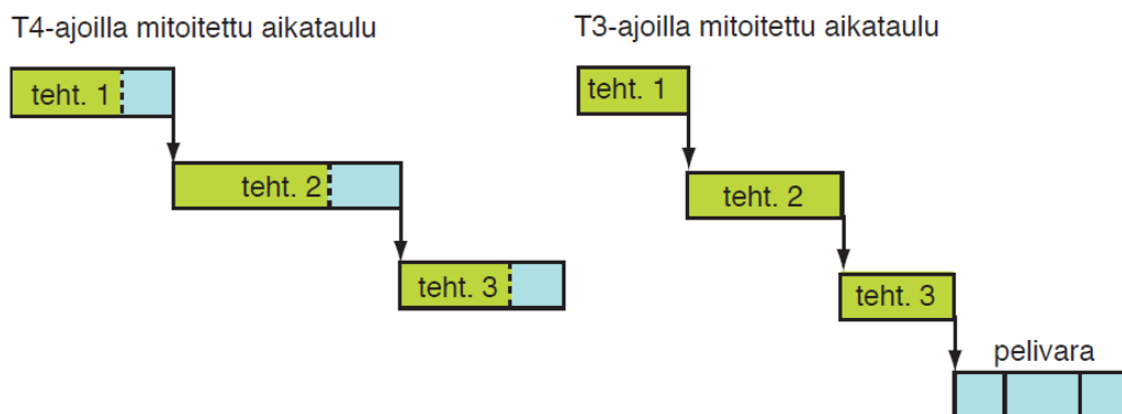
Kuva 16. Jana-aikataulun muuttaminen paikka-aikakaavioksi paljastaa konfliktit aikataulussa [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 86].

Aikataulusta tutkitaan lisäksi työryhmien käyttö. Tässä kohtaa tulee varmistua, että ko. työryhmälle vapautuu uusi tehtävä jo ennen edellisen valmistuttua. Työryhmille tulee aina olla vapaata mestaa ja mielellään myös varamesta, jos tapahtuu jotakin, mikä estää työskentelyn suunnittelussa mestassa. Vapaat työkohteet ovat erinomainen varmistuskeino häiriöttömälle toteutukselle. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 87.]

### 3.7 Työmaan yleisaikataulu

Yleisaikataululla kuvataan koko rakennusvaiheen suunniteltu työnkulku ja se toimii pää-toteuttajan työkaluna työmaan ajoituksessa ja ohjauksessa. Yleisaikataulu on myös pohjana resurssisuunnitelmille sekä tarkemman tason suunnitelmille. [Koskenvesa ym. 2015: 30.]

Yleisaikataulussa käytetään kahta erilaista aikakäsitettä. Alustavassa yleisaikataulussa sekä sopimusyleisaikataulussa käytetään kokonaisaikaa eli työvaiheaikaa (T4), joka sisältää kaikki työhön käytettävät tunnit, myös pidemmät keskeytykset. Kokonaisaika on tilaajan ja toteuttajan sopimus kestosta. Työaikataulussa käytetään tehollista aikaa eli työvuoroaikaa (T3), tehollinen aika ei sisällä yli tunnin mittaisia keskeytyksiä ja ajat perustuvat esimerkiksi työmenekkeihin. [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 63.]



Kuva 17. T4 ja T3 -aikojen mitoituksen eroavuus [Koskenvesa & Sahlstedt 2013: 63].

Normaalisti yleisaikataulu laaditaan kolmessa eri vaiheessa, jossa jokaisella vaiheella on oma käyttötarkoituksensa, ajankohta sekä tarkkuus. [Koskenvesa ym. 2015: 30.]

#### *Alustava yleisaikataulu*

Alustava yleisaikataulu laaditaan jo kohteen tarjousvaiheessa ennen rakentamispäätöstä tai urakkatarjouksen antamista ja siinä selvennetään työmaan kesto sekä tärkeimmät menetelmät ja työvaiheet. Alustavassa yleisaikataulussa käytetään T4-aikaa eli työvaiheaikaa. [Koskenvesa ym. 2015: 30.]

#### *Sopimusyleisaikataulu*

Sopimusyleisaikataulu tarkentuu alustavasta yleisaikataulusta sopimusneuvotteluissa sekä rakennuttajan että päätoteuttajan toimesta. Sopimusosapuolet hyväksyvät yleisaikataulun, joka liitetään sopimusosapuolten väliseen sopimukseen. Sopimusyleisaikataulussa käytetään T4-aikaa eli työvaiheaikaa. [Koskenvesa ym. 2015: 30.]

### *Työaikataulu*

Työaikataulu tarkentuu sopimusyleisaikataulusta päätoteuttajan toimesta heti, kun talotekniset työt ovat mukana suunnitelmissa. Työaikataulua kutsutaan myös työmaan yleisaikatauluksi, joka toimii työmaan toteuttamisprosessin punaisena lankana. Työaikataulussa käytetään T3-aikaa eli tehollista työvuoroaikaa. [Koskenvesa ym. 2015: 30.]

Työaikataulu on keskeisin eri osapuolten välinen informaatioväline sekä valvontaväline työmaan toteutukselle. [Koskenvesa ym. 2015: 30.]

### *Lähtötiedot*

Tärkeimmät lähtötiedot työaikataulun laatimiseen ovat:

- kohteen aikaisemmat versiot yleisaikataulusta (alustava tai sopimusyleisaikataulu)
- piirustukset ja työselostukset (tekniset suunnitelmat)
- kiinteät päivämäärät, sopimusasiakirjat
- kustannusarvio ja määrälaskelma
- työmenetelmät
- periaatteet työvoiman käytöstä sekä aliurakkana tehtävät työt
- edellisten kohteiden jälkilaskentatiedot
- resurssirajoitukset ja käytettävissä olevat resurssit
- rakennuspaikan olosuhteet
- vapaa- sekä lomapäivät.

[Koskenvesa ym. 2015: 30.]

### *Laadinta*

Laadinta aloitetaan rakennusteknisten töiden aikataululuonnoksesta, johon sovitetaan talotekniikkatyöt yhteen. Kohteen tekniset suunnitelmat vaikuttavat tehtävänimikkeiden valintaan. Yleisaikataulun nimikemäärään vaikuttaa rakennuskohteen monimuotoisuus

ja laajuus. Suomessa nimikkeiden määrä on vakiintunut 20–40 nimikkeeseen, mutta joskus useampiakin nimikkeitä on tarkoituksenmukaista käyttää. [Koskenvesa ym. 2015: 30.]

### 3.8 Rakennustyömaan ajallinen ohjaus

#### 3.8.1 Tuotannonohjaus

Pekka Siikanen [2009] suosittelee tutkimusten perusteella aikatauluhallintaan seuraavaa kahta kohtaa; 1) Paikka-aikakaavion käyttäminen ja työnjohdon osaamisen varmistaminen koulutuksen avulla. Aikataulutehtävät tulee aina mitoittaa resurssi- ja määräpohjaisesti, ja tämä asia tulee nostaa esille näkyvämmiin yrityksissä. 2) Talotekniikan työt ositellaan aikataulussa rakennusteknisiä töitä vastaaviksi. Pelkästään aliurakoitsijan ”pitkiä viivoja” ei tule hyväksyä. LVIS-urakoitsijoilta tulee vaatia resurssilaskelmat sekä varmistaa rakennusteknisten ja LVIS-töiden yhteensopivuus. [Siikanen 2009: 126.]

#### 3.8.2 Aikataulun valvonta

##### *Aliurakoiden ajallinen valvonta*

Tuotantoa tulee valvoa säännöllisesti ja tuotannon etenemisestä on tehtävä havaintoja, sillä aliurakkatehtävien on edettävä ja valmistuttava suunnitelmien mukaan samantyyppisesti kuin kaikkien muidenkin aikataulutehtävien. Pääurakoitsijan tulee seurata aliurakoitsijan töiden etenemistä ja työkohteiden valmistumista viikoittain ja reagoida välittömästi kaikkiin mahdollisiin poikkeamiin. Pääurakoitsija valvoo, että: [Kankainen & Särkilahti 1992: 69.]

- aliurakkatyö aloitetaan ajallaan
- aliurakkatyö etenee katkoitta
- tuotantonopeus ei poikkea suunnitellusta
- työ toteutetaan suunnitellussa järjestyksessä
- työkohteet vapautuvat seuraaville työtehtäville
- työkohteet saatetaan täysin valmiiksi ilman laatuvirheitä.

Esimerkiksi paikka-aikakaavioon voidaan piirtää toteumakäyrää töiden edetessä. Mikäli poikkeamia havaitaan, voidaan ennustaa poikkeaminen vaikutusta tuleviin tehtäviin. Eri-tyisen tärkeää tuotannossa on, että poikkeamiin reagoidaan välittömästi ennen tuotantohäiriöiden syntymistä. [Kankainen & Särkilahti 1992: 69.]

### 3.8.3 Aikataulupoikkeamien syyt

Rakennustyömaalla aikataulupoikkeamat ovat tyypillisiä ja ne voivat johtua kaikista hankkeen eri osapuolista. Tehtävät ovat riippuvaisia toisistaan, mikä vaikuttaa useampaan eri kokonaisuuteen. Esimerkiksi, jos kohteen suunnittelijat myöhästyvät aikataulusta, ei hankintoja saada tehtyä ja koska materiaalit eivät ole työmaalla, ei työtä voida myöskään aloittaa. Kolhonen ym. [2003] listaa syitä aikatauluvirheisiin:

- tehtävä ei ala ajoissa
  - (a) ei ole aloitukseen vaadittavia resursseja
  - (b) ongelma materiaalien saannissa
- tuotantonopeus on virheellinen
  - (a) resurssit väärin mitoitettu ja tuotantotekniikka väärä
  - (b) ongelmia materiaalien saannissa
  - (c) ei ole selvitetty tarvittavia resursseja ja tarvittavaa tuotantonopeutta
- tehtävä keskeytyy
  - (a) tarvittavat resurssit poistuvat, loppuvat tai rikkoontuvat
  - (b) suunnitelmat puuttuvat tai niissä on virheitä tai puutteita
  - (c) vapaa työkohde loppuu
  - (d) työn laatu ei ole kelpollista
  - (e) työturvallisuusasiat ovat hoitamatta
  - (f) ongelmia materiaalien saannissa
- tehtävän määrä muuttuu
  - (a) määrien mittaamisessa on virhe
  - (b) tuotesuunnitelmat muuttuvat.

Muita syitä aikataulupoikkeamiin voi olla esimerkiksi resurssien vaje, aliurakoitsija ei pysy sopimuksen mukaisessa tuotantonopeudessa tai tehtaan kapasiteetti on riittämätön. [Kolhonen ym. 2003: 8.]

## 4 Tutkimustulokset

### 4.1 Mitkä tekijät vaikuttavat rakentamisaikaan ja miten rakentamisaikaa voitaisiin lyhentää (teemahaastattelu)?

Tämän insinööriyön tutkimusosuus alkaa sähköpostitse YIT:n kerrostaloyksikköön tehdyllä haastattelututkimuksella. Haastattelulla pyritään tuomaan ilmi eri osapuolten näkemyksiä asuinkerrostalojen rakentamisajasta ja sen määräytymisestä sekä siitä, miten rakentamisaikaan voisi vaikuttaa. Kyselyyn vastasi kymmenen henkilöä, jotka toimivat alla olevan listauksen mukaisissa tehtävissä (taulukko 2).

Taulukko 2. Haastatteluun vastanneiden tittelit ja lukumäärä.

Titteli	Vastaajien lukumäärä (kpl)
Projekti-insinööri	3
Projektipäällikkö	2
Työmaainsinööri	2
Tuotantopäällikkö	1
Työpäällikkö	1
Vastaava työnjohtaja	1

#### 4.1.1 Asuinkerrostalojen rakentamisaika Suomessa

Ensimmäisessä haastattelussa muodostui sekä urakoitsijan että rakennuttajan puolelta yksipuolinen käsitys siitä, että asuinkerrostalojen rakentamisaikaa Suomessa voitaisiin lyhentää, mutta siihen tarvitsee olla jokin järkevä perustelu. Tässä yhteydessä tuotiin ilmi, että rakentamisajan lyhentäminen on tiedettävä jo varhaisessa vaiheessa, jotta tuotanto voidaan suunnitella toteutettavaksi lyhemmässä rakentamisajassa ja lisäksi rakentamisajan lyhentäminen edellyttää parempaa tuotannon ja suunnittelun yhteistyötä. Myös kohtuullinen henkilöresurssien lisääminen on itsestäänselvyys. Toisaalta, jotkut vastaukset osoittivat, että rakentamisaika on kohtuuttoman pitkä jo entuudestaan ja että välillä kohteet ovat valmiina jo 1-4 kuukautta ennen luovutusta ilman minkäänlaisia erityistoimenpiteitä. Ennenaikainen valmistuminen voi olla esimerkiksi ammattitaitoisen



tuotantohenkilöstön ansiota. Välillä voi esiintyä myös syitä, joiden vuoksi asuinkerrosta-loa ei haluta ottaa aikaisemmin käyttöön.

#### 4.1.2 Mietteitä rakentamisajasta

Vastauksissa kävi ilmi, että omaperustaisessa asuntotuotannossa rakentamisaika ei ole useissakaan tapauksissa lyhin mahdollinen, koska kohtuullisella rakentamisajalla pyritään välttämään virheitä ja parantamaan laatua parhaaseen mahdolliseen, mihin valitut ratkaisut antavat mahdollisuuden. Kuitenkin monet toimijat alalla pyrkivät mahdollisimman lyhyeen rakentamisaikaan, koska sillä pyritään minimoimaan rahoituskustannuksia sekä aikaan sidottuja työmaateknisiä kustannuksia ja sen avulla saavuttamaan parempaa tuottoa hankkeista. Lyhin mahdollinen rakentamisaika vaatii projektihallinnalta erittäin paljon. Etukäteen tulee erityisen hyvin suunnitella toimitusajat ja kuivumisajat sekä aikataulut tulee laatia mahdollisimman tarkasti projektikohtaisesti. Normaalisti aikatauluun jätetään puskureita mahdollisten häiriöiden varalle, mutta lyhimpään mahdolliseen rakentamisaikaan pyritäessä tulee puskureiden määrää vähentää tai ne tulee poistaa kokonaan ja yksinkertaisesti välttää kaikki mahdolliset häiriöt ja virheet moniulotteisilla riskikartoituksilla.

Aikariippuvaiset kustannukset kasvavat luonnollisesti rakennusajan pidentyessä, mutta lyhempi aika asettaa haasteita laaduntuottokykyyneen, aikataulunpitoon sekä asiakaspalveluun. Rakentamisaika tarvitsee arvioida jokaisen hankkeen kohdalla erikseen ja punnita juuri kyseisen hankkeen kannalta tärkeitä tekijöitä. Suurin haastatteluun vastanneiden huolenaihe oli laadun heikkeneminen sekä virheriskien kasvaminen rakennusajan lyhentyessä. Tästä voidaan päätellä, että suunnitteluratkaisuihin tarvitaan muutoksia, jotta rakentamisaikaa voitaisiin lyhentää tai muuten rakentamisajan lyhentyminen voi tapahtua laadun kustannuksella, mikä ei ole kannattavaa liiketoimintaa.

#### 4.1.3 Rakentamisaikaa lyhentäviä keinoja

Vastauksissa tuli hyvin ilmi eri yksilöiden mietteitä rakentamisajan lyhentämisestä. Mietteet vaihtelivat hieman sen mukaan, oliko vastaaja urakoitsijan vai rakennuttajan edustaja. Kuitenkin yleisin mielipide rakennusajan lyhentämiseen oli esivalmistusasteen nostaminen eli valmisosarakentaminen. Esimerkkejä valmisosarakentamisesta ovat mm.

kylpyhuone-elementit, sandwich-elementit, sokkelipalkit ja vesikaton rakenteet. Valmisosarakentamisella saadaan merkittävästi vähennettyä työmaalla tehtäviä tunteja ja sen kautta päästään lyhempään rakentamisaikaan.

#### 4.1.4 Ongelmia rakentamisajan lyhentämiseen liittyen

Kyselyissä tuli hyvin ilmi myös ongelmia, jotka liittyvät rakentamisaikaan. Suomen maantieteellisestä sijainnista johtuen esimerkiksi kosteudenhallinta on haastavampaa kuin maissa, joissa talvi on lyhempi. Kosteudenhallinta on olennaisesti sidoksissa kuivumisaikoihin. Kuitenkin tänä päivänä on olemassa erinomaisia sääsuojia, mutta niiden käyttäminen syö tai sen ainakin oletetaan syövän kustannussäästöjä. Esimerkiksi YIT:n työmaalle, jolla rakennettiin kappelia Espooseen, suunniteltu sääsuoja olisi maksanut yli 100 000 euroa ja kalliin hintansa vuoksi sääsuoja jätettiin toteuttamatta.

Vastauksissa tuli myös vahvasti esille tuotannon ja suunnittelun yhteistyö heti hankkeen alusta saakka. Hankkeen alussa olisi hyvä esimerkiksi työskennellä ns. big room -konseptissa, joka tarkoittaa työskentelyä samassa tilassa hankkeen eri osapuolten kanssa. Tällöin ongelmien tai kysymysten edessä voitaisiin heti ratkaista ongelma tai pohtia yhdessä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Big room -konseptissa on tärkeää, että huoneen reunoilla on myös paikkoja, joissa voidaan tehdä keskittymistä vaativaa työtä. Yleisesti tiloissa tulee olla isoja näyttöjä, joilla parannetaan tiedonkulkua ja hankkeen eri osapuolten tulee osata käyttää hankkeelle luotua pilvipalvelua tehokkaasti.

Isommissa kohteissa on tärkeää jakaa kohde lohkoihin, mikä mahdollistaa useamman työryhmän käyttämisen. Lohko on kohteessa fyysinen osa, kuten esimerkiksi erillinen rakennus tai sen osa, jossa työt voidaan tehdä valmiiksi yhtenä kokonaisuutena.

#### 4.1.5 Rakentamisajan määräytyminen

Rakentamisajan määräytyminen eroaa riippuen siitä, onko kyseessä omaperustainen asuntotuotanto vai neuvottelu-urakka. On olemassa myös muitakin hankemuotoja, mutta niitä ei oteta tässä kohtaa huomioon. Omaperustainen asuntotuotanto ja neuvottelu-urakka ovat kaksi yleisintä YIT:n asuntorakentamisen muotoa.

Omaperustaisessa asuntotuotannossa rakentamisaika määräytyy urakoitsijan ja rakennuttajan yhteistyön seurauksena. YIT:n kohdalla rakennuttaja ja urakoitsija ovat loppu viimein sama yritys, YIT Rakennus Oy. Pyrkimyksenä on löytää optimaalisin rakentamisaika kokonaisuudessa sekä asiakkaalle että YIT Rakennus Oy:lle. Pääsääntöisesti omaperustaisessa asuntotuotannossa kuunnellaan enemmän urakoitsijaorganisaation näkemyksiä kuin kilpailurakentamisessa, millä saadaan luotua tuotantoteknisesti järkevämät rakennusajat sekä riskittömämpi laaduntuotto. Omaperustaisessa asuntotuotannossa kokemus rakennusajoista aikaisemmissa kohteissa ja normaalikeston laskenta luo pohjan ajan määrittämiselle. Lisäksi jokaisessa hankkeessa olemassa olevat määräytyt resurssit, kuten materiaali ja henkilöstö, vaikuttavat ajan määräytymiseen. Edellä mainittujen tekijöiden pohjalta tuotanto-organisaatio määrittelee lopullisen rakennusajan. Useimmissa omaperustaisissa kohteissa työpäällikkö vastaa loppukädessä rakentamisajasta (yleisaikataulu), jonka perusteella vastaava työnjohtaja luo rakentamisvaiheajataulut. Työmaainsinöörin yleisimpiin tehtäviin kuuluu aikataulujen luonti erinäisillä aikatauluohjelmilla.

Myös vuodenaika vaikuttaa olennaisesti rakentamisajan määräytymiseen. Joissain tapauksissa on esimerkiksi hyvin suotuisaa saada vesikatto tiiviiksi mahdollisimman aikaisin, jotta pyritään välttämään mahdollisia kosteusongelmia. Myös lomat tulee huomioida rakentamisaikaa määriteltäessä. Suomessa heinäkuu on yleisesti rakennussektorilla lomakuukausi ja sen huomiotta jättäminen voi aiheuttaa aikatauluhäiriöitä. Esiin nousi myös suunnitelmien valmiustaso suunnitteluvaiheessa, koska yleisesti rakentamisen suunnitteluvaiheessa kaikki suunnitelmat eivät ole täysin valmiita ja tiedon sijaan joudutaan tekemään oletuksia, mikä lisää aikataulun epäonnistumisen riskiä.

#### 4.1.6 Rakentamisaikaan vaikuttavia tekijöitä

Ensimmäisessä, sähköpostitse tehdyssä haastattelututkimuksessa kysyttiin rakentamisaikaan vaikuttavia tekijöitä sekä urakoitsijan että rakennuttajan näkökulmasta. Vastauslomakkeessa ei annettu mitään vastausvaihtoehtoja, vaan haluttiin kuulla varsin väljin muotoiluin eri osapuolten mielipiteitä. Kaikki vastaukset ovat järkevän kuuloisia, ja niin kuin oletettiin vastaukset hieman eriävät urakoitsijan ja rakennuttajan välillä, mutta toki löytyy myös yhteneväisiä vastauksia.

Betonirakenteisissa asuinkerrostaloissa kuivumisajat vaikuttavat olennaisesti rakentamisaikaan, mikäli rakennus on suunniteltu siten, että tehdään massiivisia valuja. Yleisimpinä esimerkkeinä ovat valettavat välipohjat tai ontelolaatta välipohjissa paikalla tehtävät kylpyhuoneet. Mikäli rakennus on suunniteltu siten, että massiivisia valuja ei ole, niin kuivumisaikaa ei voida pitää merkittävästi rakentamisaikaan vaikuttavana tekijänä. Esimerkkinä tällaisesta voidaan pitää elementtirakenteista asuinkerrostaloa, jossa on kylpyhuone-elementit. Maksimaaliseen tuotantonopeuteen päästään, kun pystytään luomaan mahdollisimman paljon vapaita työkohteita ja hyödyntämään niitä tehokkaasti esimerkiksi useilla eri työryhmillä.

Haastattelujen perusteella suurin rakentamisaikaan vaikuttava tekijä on esivalmistetut rakennusosat, ja näiden määrää kasvattamalla päästään nopeampaan tuotantonopeuteen. Esimerkiksi kylpyhuone-elementtejä käyttämällä tuotantonopeutta saadaan kasvatettua, mikäli vain kohde on sellainen, että kylpyhuone-elementtien käyttäminen on järkevää. Yleensä kylpyhuone-elementit ovat järkevämpi ratkaisu pienemmissä vuokra-asunnoissa kuin isommissa omistusasunnoissa.

Rakennuttajien puolelta oltiin vahvasti sitä mieltä, että asemakaavan määräykset vaikuttavat olennaisesti rakentamisaikaan, koska ne asettavat erinäisiä rajoitteita esimerkiksi julkisivuratkaisuihin, paikoitukseen ja rakennuksen muotoon sekä massoitteluun. Esimerkiksi sandwich-elementtien käyttäminen pääkaupunkiseudulla, erityisesti Helsingissä ja Espoossa, on harvinaista johtuen kaavamääräyksistä.

Paikoitusratkaisulla on myös merkittävä vaikutus rakentamisaikaan. Mikäli maanalainen autohalli rakennetaan rakennuksen yhteyteen, on sillä merkittävästi rakentamista hidastava vaikutus. Suunnitteluratkaisut ovat olennaisesti mukana määrittelemässä rakentamisaikaa.

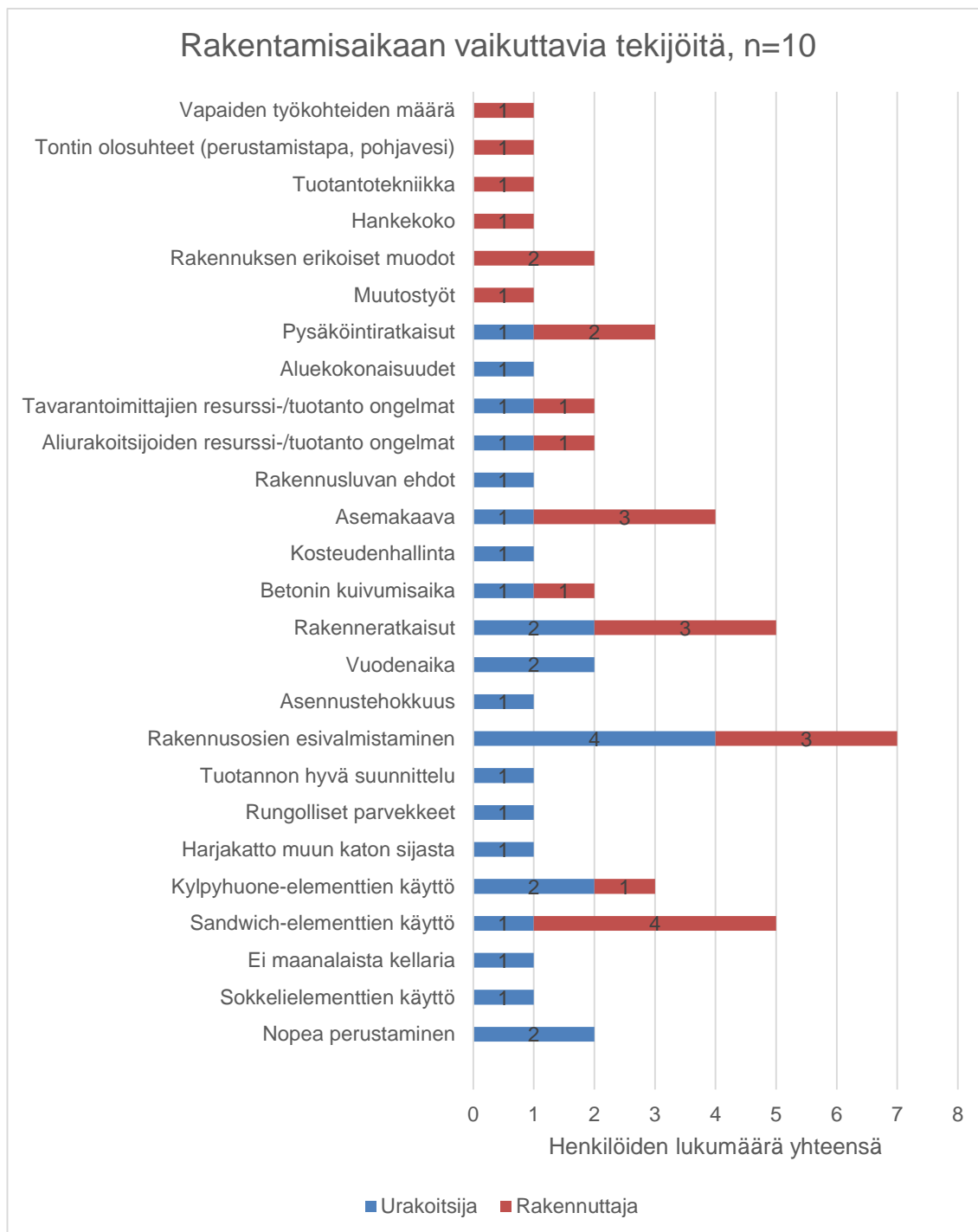
#### 4.1.7 Miten vaikuttaa rakentamisaikaan?

Omaperustaisessa asuntotuotannossa rakennuttajan puolella on henkilö, yleensä projektipäällikkö, joka vastaa suunnittelunohjauksesta. Tällä henkilöllä on suurin vaikutusvalta rakennussuunnitteluratkaisuihin, jotka puolestaan vaikuttavat merkittävimmin rakentamisaikaan. Suunnittelunohjauksessa päätetään esimerkiksi esivalmistettujen rakennusosien, kuten betonielementtien, talotekniikkaelementtien tai tilaelementtien, käytöstä.

Suunnittelunohjauksessa voidaan päättää myös sellaisten ratkaisujen käytöstä, jotka ovat jo entuudestaan tuttuja tuotantohenkilöstölle, mikä taas mahdollistaa tehokkaan tuotannon. Suunnittelunohjauksessa tulee myös pyrkiä tuotteistettuihin ratkaisuihin. Mahdollisuuksien mukaan rakennuttajan kannattaa aina lisäksi yrittää vaikuttaa asema-kaavaan sekä kaupunkikuvallisiin asioihin.

Varmistamalla riittävät resurssit asennustöille ja rakennusmateriaalien oikea-aikainen toimitus, voidaan luoda edellytykset työvaiheiden oikea-aikaiselle valmistumiselle työmaan näkökulmasta. Tuotantohenkilöstön tulee myös tarkastaa suunnitelmien toteutuskelpoisuus etukäteen ja mikäli virheitä esiintyy, suunnitelmat tulee korjauttaa ennen töiden aloitusta. Myös työmaalle hankittavien rakennusmateriaalien sopivuudesta käyttötarkoitukseen tulee varmistua ja lisäksi työjärjestyksen valintaan liittyvät kysymykset tulee ratkaista.

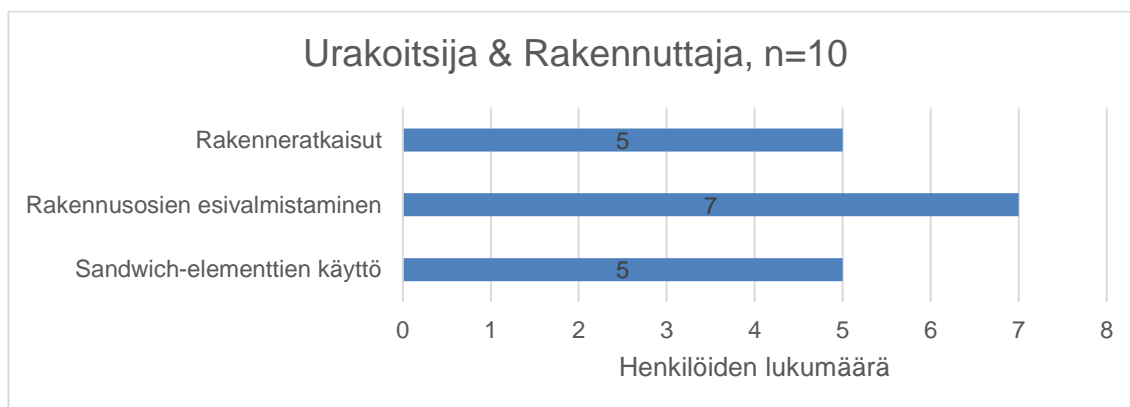
Taulukko 3. Haastattelututkimuksen perusteella saatuja vastauksia sekä rakennuttajan että urakoitsijan puolelta tekijöistä, jotka vaikuttavat rakentamisaikaan.



Taulukossa 3 on esitetty kaikki vastaukset, jotka tulivat ilmi ensimmäisessä haastattelututkimuksessa. Vastaajille ei annettu minkäänlaisia vastausvaihtoehtoja, vaan haluttiin saada vastaukset varsin väljin muotoiluin. Vaikka vastaukset olivat moninaisia, käy sel-

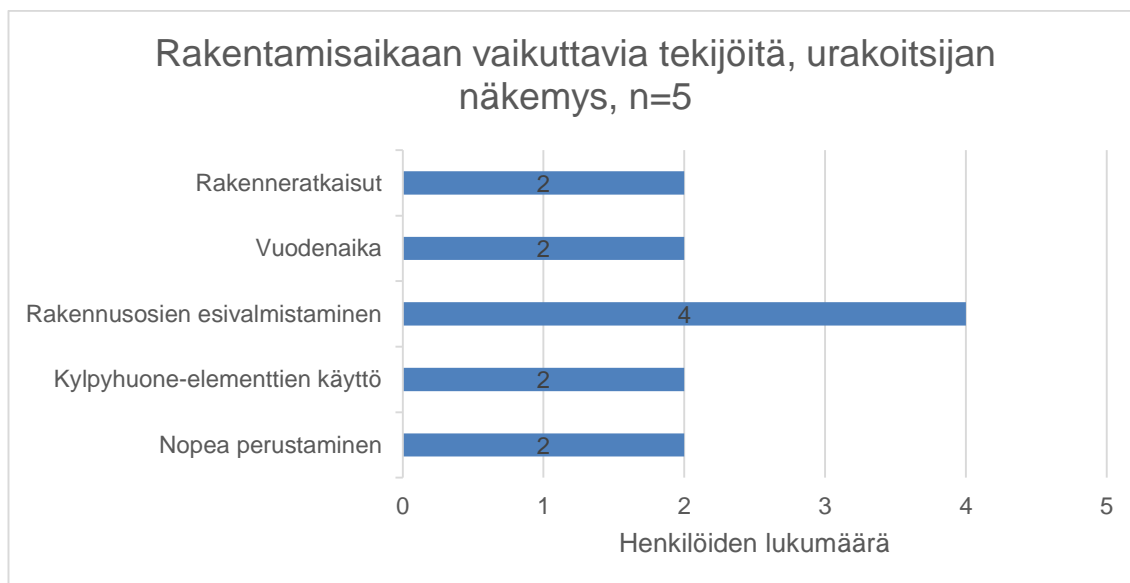
keästi ilmi, että esivalmistetut rakennusosat vaikuttavat vastaajien mielestä eniten rakentamisaikaan. Taulukosta 3 voidaan myös huomata, että jotkut vastaukset saivat vain joko rakennuttajan tai urakoitsijan kannatusta. Tämä vain korostaa sitä, että rakennusajan lyhentämistä suunniteltaessa rakennuttaja ja urakoitsijan yhteistyö on avainasemassa, koska molemmat osapuolet pelaavat niille annetuin ehdoin ja mahdollisesti eri vaihtoehtoja yhdistelemällä saadaan mahdollisimman paras lopputulos.

Taulukko 4. Urakoitsijan ja rakennuttajan vastaukset rakentamisaikaan vaikuttavista tekijöistä, jotka ovat saaneet eniten kannatusta.



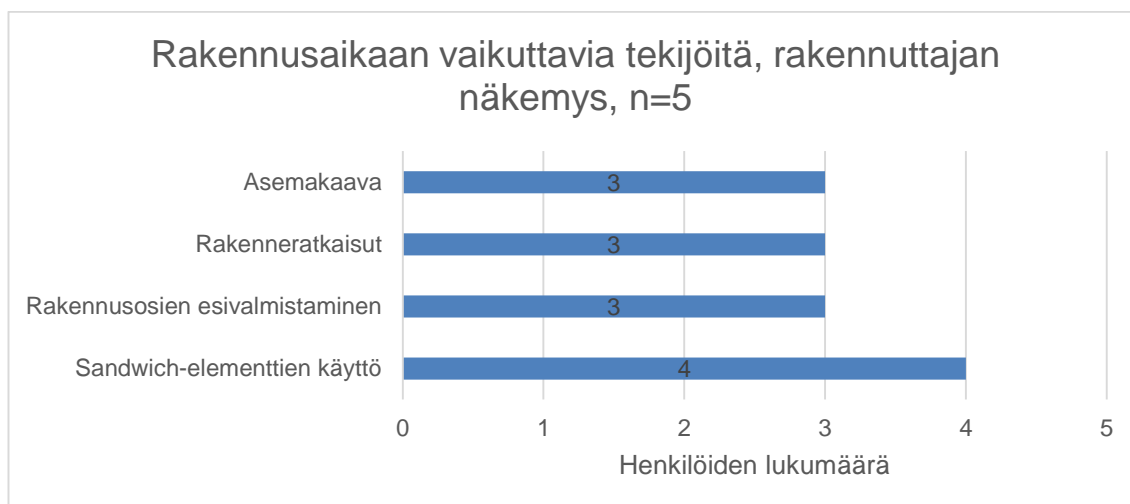
Kuten taulukko 4 osoittaa, kaikki kolme eniten kannatusta saanutta kohtaa ilmentävät sitä, että esivalmiusastetta nostamalla rakentamisaikaa pystytään lyhentämään. Taulukossa mainituilla rakennerratkaisulla viitattiin aina esivalmistettuihin rakennusosiin.

Taulukko 5. Urakoitsijan näkemys rakennusaikaan vaikuttavista tekijöistä.



Urakoitsijat nostivat esiin usein unohtuvan tekijän, vuodenajan merkityksen rakentamisaajan pituuteen. Rakentamista suunniteltaessa kannattaa aina huomioida vuodenaikojen ajoittuminen rakentamisen eri vaiheille.

Taulukko 6. Rakennuttajan näkemys rakennusaikaan vaikuttavista tekijöistä.



Rakennuttajat puolestaan nostivat esiin asemakaavan merkityksen rakentamisaikaan. Asemakaava asettaa tietyntyläisiä ehtoja rakentamiselle erityisesti pääkaupunkiseudulla. Esimerkiksi Helsingin ja Espoon alueilla sandwich-elementtien käyttäminen on harvinaista.



#### 4.1.8 Tietomallinnus ja rakentamisaika

Ensimmäisessä haastattelussa kysyttiin myös vastaajien suhdetta tietomallinnukseen. Yleisin vastaus oli, että tietomallinnusta ei käytetä, vaikka sen käytöstä olisi hyötyä. Tämä on mielenkiintoinen ilmiö. Ensimmäiset tietomallinnukset on tehty Suomessa jo 1990-luvulla VTT:n toimesta ja yleisesti tietomallinnuksesta oletetaan olevan hyötyä kaikissa rakennusprojektin vaiheissa, mutta silti sitä ei käytetä. Syynä tietomallinnuksen käyttämättömyyteen on yksinkertaisesti se, ettei helppojen ja pienibudjettisten kohteiden mallinnus ole tuonut mallinnuksesta aiheutuneita kustannuksia takaisin hankkeen missään vaiheessa. Näin ollen tietomallinnus ei tuo lisäarvoa ja tuottaa vain rahallista tappiota, minkä vuoksi sen käyttäminen on kannattamatonta. Toisaalta, isoissa ja ainutlaatuisissa kohteissa tietomallinnuksesta voi olla suurtakin rahallista hyötyä, mikäli sillä saadaan tuotua ilmi jotakin suunnittelupuutteita ennen kyseisen vaiheen rakentamista.

Tietomallinnuksen käyttäminen helpottaa rakennusten yksityiskohtaista suunnittelua, sen avulla voidaan varmistua rakenteen rakennettavuudesta ja lisäksi eri suunnittelualoja voidaan yhdistä toisiinsa sekä tunnistaa niiden välisiä ristiriitaisuuksia. Tietomallinnuksella myös kustannusarviot saadaan tehtyä huomattavasti aiempaa nopeammin.

Tietomallinnus itsessään ei tuo lisätietoa rakennuksesta, vaan se ennemminkin helpottaa piirustusten lukua. Kun jossain tapauksissa tarvitsee avata kolmet eri piirustukset risteystarkasteluun, yhden tietomallinnuksen avulla sama asia voidaan nähdä yhdestä kolmiulotteisesta kuvasta. Tietomallinnus paljastaa ristiriitaisuudet ja siitä hyötyvät lähes kaikki projektin osapuolet. Erityisen hyödylliseksi tietomallinnus koetaan kohteissa, joissa on tavanomaista monimutkaisempi LVIS-järjestelmä. Esimerkiksi eräällä rivitalotyömaalla havaittiin, että ilmastointiputki oli piirretty kulkemaan suoraan sähköpääkeskuksen läpi, mikä johtuu siitä, ettei eri suunnittelualojen piirustuksien ristiriitaisuuksia oltu tarkastettu. Tietomallintamisen kannalta olennaista on, että piirustuksiin päästään tutustumaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Yleisesti tietomallinnusta käytetään jonkin verran, mutta se ei ole vielä täydessä potentiaalissaan ja sen käyttäminen tulee varmasti lisääntymään tulevaisuudessa, kun voidaan todistettavasti tuoda ilmi sen erilaisiin rakennusprojekteihin tuottama lisäarvo. Tässä todistelussa tarvitaan enemmän faktatietoa ja empiirisiä kokemuksia eikä pelkkä kehitysinsinöörin henkilökohtainen mielipide tietomallinnuksen käyttökelpoisuudesta ja hyödystä riitä perusteluksi tietomallinnuksen käytölle.

## 4.2 Esimerkkikohteet

Insinööriyön tutkimusosuuden toisessa vaiheessa vierailtiin kymmenellä YIT:n asuinkerrostalotyömaalla haastatellen kyseisten kohteiden vastaavia mestareita, jonka jälkeen haastateltiin lisäksi kahden kohteen rakennesuunnittelijaa.

### 4.2.1 As Oy Kirkkonummen Vaski

Vaski sijaitsee Masalassa, Kirkkonummella ja kohteen sijoittajana on LähiTapiola, jonka aikomuksena on vuokrata asunnot tulevaisuudessa.



Kuva 18. As Oy Kirkkonummen Vaski [Kuva: Heikki Pekkarinen 3.3.2016].

Vaski on perustettu osittain paalujen varaan ja osittain kallion päälle. Alapohja on tuuletettu ja rakenne on ontelolaatta. Välipojat sekä yläpohja ovat myös ontelolaattarakenteisia. Kattorakenne on tasakattoinen papukatto. Ulkoseinät ovat betonielementtirakenteisia ja kadun puolella on paikallamuurattu tiiliverhous, kuten kuvassa 18 näkyy. Muuten ulkoverhous on rapattu. Väestösuoja on sijoitettu toisen rapun ensimmäiseen kerrokseen ja autopaikoitus on erillinen piha-alueella oleva.

•	asuntojen lukumäärä	32 kpl
•	asuntojen keskipinta-ala	55 m <sup>2</sup>
•	rappujen lukumäärä	2 kpl
•	rakennusaika	13 kk
•	yhden asunnon rakennusaika	0,406 kk
•	kokonaistyöpanos (tavoite)	12 490 tth.

*Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä:*

Ennen kohteen aloittamista on tärkeää, että työmaahenkilöstö tutustuu vastaavan mestarin johdolla työmaasuunnitelmiin ja piirustuksiin ja aikaa tulisi olla niin paljon, että suunnitelmiin ehditään tehdä vielä muutoksia, mikäli puutteita ilmenee. Esimerkiksi Vaskessa järjeistettiin suunnitelmia kaidejärjestelyiden osalta, jotta ne ovat tehokkaasti ja turvallisesti asennettavissa eivätkä järjestelyt hidasta tuotantoa millään tavalla. Aikatarve suunnitelmiin tutustumiseksi vaihtelee kohteittain, mutta tavanomaisessa kerrostalotuotannossa kahdessakin viikossa ehtii perehtyä jo riittävällä tasolla suunnitelmiin. Olennaisinta on, että suunnitelmiin tutustuminen tehdään siinä vaiheessa, kun niihin voidaan vielä vaikuttaa ja tehdä muutoksia.

Vaskessa rakentamisaika on 13 kuukautta. Kyseinen rakentamisaika on neuvoteltu yhdessä kohteen sijoittajan kanssa ja tähän on päästy hyvässä yhteisymmärryksessä. Tässä 13 kuukauden rakentamisajassa on otettu huomioon kaikki epäonnistumisen mahdollisuudet. Kohde olisi voitu rakentaa hyvinkin 2-3 kuukautta lyhemmässä ajassa ilman erikoistoimenpiteitä. Kohteessa on ollut koko rakentamisajan riittävästi resursseja ja esimerkiksi väliseinätyö on edennyt riittävällä nopeudella. Kohteessa ei ole tarvinnut tehdä tehokuivatusta betonirakenteiden osalta, vaan kohteessa on ollut riittävästi aikaa rakenteiden vapaalle kuivumiselle.

Tärkeää yleisesti rakentamisessa on, että kohteiden varsinainen lämmitys saadaan heti päälle ja ilma liikkumaan, kun se vain on rakennusteknisten töiden osalta järkevää eli lämpöjärjestelmien rakentaminen tulee aloittaa heti, kun se vain on mahdollista.

Tasakaton tekeminen on riskialtis vaihe. Tärkeää on, että kevytsorabetonia ei päästetä kastumaan. Koska ilmoihiin ei voida vaikuttaa, kyseinen vaihe on osittain tuuristakin kiinni. Yleisesti ottaen katon tehokas rakentaminen vähentää riskiä altistua sateelle tai

kosteudelle. Vaskessa kaatolattiavalmistelu aloitettiin heti alemmissa kerroksissa, kun runkoa vielä nostettiin ylemmissä kerroksissa. Tärkeää on myös, että putkimies on heti valmiina, kun runkoa nostetaan. Vaskessa kaatolattiavalut olivat valmiit ennen kuin katto oli vesitiivis.

Yleisesti työvoiman lisäämisellä saadaan nopeutettua rakentamista määrättyyn pisteeseen saakka, mutta tämän pisteen ylittyessä rakentaminen voi jopa hidastua, kun työntekijät ovat vain toistensa tiellä. Järkevämpää voisi olla esimerkiksi hieman pidemmän työpäivän tekeminen tai siirtyminen kaksivuorotyöhön, jolloin koko päivä saataisiin käytettyä tehokkaasti hyödyksi. Kesällä kaksivuorotyö on luonnostaan helpompaa, kun valoa riittää aikaisesta aamusta myöhäiseen iltaan saakka.

Jos töitä tehdään YIT:n omilla työmiehillä, työkauppojen tekeminen on sekä työntekijöiden että työnantajan etu. Tuntitöiden tekemistä kannattaa välttää kaikissa rakennusteknisissä töissä.

#### 4.2.2 As Oy Helsingin Sohvi

Sohvi sijaitsee Vallilassa, Helsingissä. LähiTapiola on kohteen sijoittaja ja asunnot on tarkoituksena vuokrata tulevaisuudessa.



Kuva 19. Taiteilijan näkemys As Oy Helsingin Sohvista [Realia asuntovuokrauksen verkkosivut: 2016].

## ASEMAPIIRROS



Kuva 20. Asemapiirros Helsingin Vallilasta, jossa on myös As Oy Helsingin Sohvi sisällettynä [Realia asuntovuokrauksen verkkosivut: 2016].

Sohvi on perustettu kallion varaan ja alapohjat ovat tuuletettuja, kantavia ja ontelolaattarakenteisia. Asuinrakennuksen runko on betonirakenteinen ja välipohjat sekä yläpohja ovat ontelolaattarakenteisia. Rakennuksessa on tasakattoinen papukatto ja vesikatteena on bitumikermi. Julkisivut ovat pääosin paikallamuurattuja ja niiden sisäpuolella on eristys sekä betonielementtirakenteinen sisäkuori. Pienessä osassa rakennusta on julkisivumateriaalina metalliverhous, jonka sisäpuolella on betoninen sandwich-elementti. Väestönsuoja on sijoitettu yhden rapun alimpaan kerrokseen ja kohteessa on yksi iso maanalainen kaksikerroksinen autopaikoitus alueen kaikille asunto-osakeyhtiöille. Autopaikoitus ei ulotu rakennuksen alle eikä rakennuksesta ole suoraa käyntiä autohalliin.

- |                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| • asuntojen lukumäärä        | 57 kpl            |
| • asuntojen keskipinta-ala   | 66 m <sup>2</sup> |
| • rappujen lukumäärä         | 3 kpl             |
| • rakennusaika               | 14 kk             |
| • yhden asunnon rakennusaika | 0,246 kk          |
| • kokonaistyöpanos (tavoite) | 30 000 tth.       |

*Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä:*

Sohvissa rakentamisaika on 14 kk, mutta rakentamisajan määrittäminen on välillä häilyvä käsite. Kyseessä on aluerakentamishanke, jossa esirakentamista on tehty jo 465 päivää ennen varsinaisia Sohvin rakentamistöitä. Tämä esirakentaminen palvelee kaikkia alueen asunto-osakeyhtiöitä (4 kpl). Koko alue on louhittu ja kaikki talot on perustettu kallion varaan.

Tässä kohteessa rakentamisaika neuvoteltiin yhdessä sijoittajan kanssa niin, että sijoittaja kysyi suoraan, missä ajassa kohde pystytään tekemään ja hyväksyi YIT:n ehdottaman rakentamisajan.

Vastaavan mestarin näkemyksen mukaan kohde olisi voitu rakentaa kaksi kuukautta lyhemmässä ajassa ilman erikoisia toimenpiteitä. Mikäli kohde olisi haluttu rakentaa lyhemmässä ajassa, kohteen rakennusjärjestys olisi vain tarvinnut muuttaa niin, että kaikki työt olisi tehty alhaalta ylöspäin eikä ylhäältä alaspäin.

Mikäli halutaan päästä maksimaaliseen tuotantonopeuteen, on tärkeää, että rakentamisjärjestyksessä rakennusvaiheet tehdään kerrostalon alimmasta kerroksesta ylimpään. Tärkeää rungon noston yhteydessä on, että kaatolattiavalmistelut aloitetaan heti, kun kyseisen kerroksen runko on saatu valmiiksi ja valmistelut voidaan turvallisesti suorittaa. Kosteiden tilojen väliseinämateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi ACO-kevytsora seinäelementtejä, joiden asentaminen on nopeaa ja jota voidaan tehdä ennen kuin vesikatto on ummessa. Kololaatan pohjalle voidaan asentaa ennen valua ylimääräinen lämmityskaapeli, jolla saadaan pumpattua rakennusaikaista kosteutta pois. Lisäksi pintaan tulee normaalisti lattialämmityskaapeli, jota voidaan käyttää apuna rakenteiden kuivumisessa.

Kohteen rakentamiselle haasteita on asettanut logistiikka. Tyypillisesti kaupunkien keskustoissa rakentaessa tilaa on aina niukasti, jolloin ennakkosuunnittelun merkitys ja yhteistyö kohteen ympärillä olevien tahojen kanssa korostuu.

Rungon pystytys myytiin aliurakkana. Koko rungon pystytykseen meni kolme kuukautta ja sen jälkeen vesikaton rakentamiseen kaksi viikkoa. IV-konehuone asennetaan myös vesikatolle ja siinä käytetään täyselementtejä, mikä on ajallisesti tehokas ratkaisu.

Ennakkosuunnittelu ja aloituspalaverikäytäntö ovat tärkeitä rakennusprojekteissa. Niiden avulla saadaan usein tunnistettua ja poistettua mahdollisia ongelmia, mikä lisää myöhempien vaiheiden työn tuottavuutta. Tärkeää on myös työkauppojen tekeminen ja niiden sisällön kirjoittaminen niin, ettei työvaiheeseen jää mitään tekemättömiä töitä, joita esimerkiksi jouduttaisiin tekemään tuntitöinä omilla miehillä. Näillä työurakoilla saadaan myös hyvin sitoutettua työurakkaporukka yhteisiin aikatavoitteisiin. Kun runko on pystytetty, on tärkeää saada vesikatto umpeen mahdollisimman äkkiä ja tässä vaiheessa esimerkiksi ylitöiden tekeminen voi olla hyvin järkevää.

Esimerkiksi vesikattotöistä pidettiin ennakkopalaveri, johon osallistui vesikaton puutöistä vastaava urakoitsija, IV-töiden työnjohto sekä vesikatteen tekevä urakoitsija. Tässä palaverissa aikataulu suunniteltiin puolen päivän tarkkuudella ja eri tahot sitoutuivat siihen.

Yleisesti pyrittäessä sujuvaan ja nopeaan tuotantoon tulee ennakkosuunnittelun olla riittävällä tasolla, urakkasisällöt pitää kirjoittaa hyvin ja siten, ettei tekemättömiä töitä jää ja väestösuojat tulee rakentaa elementeistä. Nopeuteen pyrittäessä kaikkien muidenkin osien on oltava mahdollisimman pitkälle esivalmistettuja. Maksuerätaulukot tulisi tehdä palvelemaan työmaata mahdollisimman hyvin siten, että vasta valmiista työstä maksetaan aliurakoitsijalle, mikä motivoi saattamaan työvaiheet valmiiksi. Raha on yleisesti hyvä ohjauskeino liittyen niin laatuun, työturvallisuuteen kuin aikataulutukseenkin. Heinäkuu on rakennustyömaiden yleinen lomakuukausi, jolloin jotkin työmaat saatetaan pitää jopa kiinni. Toisaalta, heinäkuu ja muutoinkin koko kesä on parasta rakentamisaikaa, jolloin työmaan aukiololla rakentamisaikaa saataisiin nopeutettua.

#### *Rakennesuunnittelijan näkemyksiä:*

Sohvin suunnittelun alkuvaiheessa ei ollut riittävästi tietoa katualueiden rakentamisesta, tontin läheisyyteen tulevista rakennuksista ja kadun rakentamisen aikatauluista. Nämä asiat vaikuttivat olennaisesti perustusratkaisuihin, joita jouduttiin vielä muuttamaan suunnitteluvaiheen aikana.

Mikäli Sohvi olisi haluttu rakentaa lyhemmässä ajassa, olisi valmisosaelementtien käyttöä voitu lisätä mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi käyttämällä alapohjan perusmuureja, väestönsuojaelementtejä ja kylpyhuone-elementtejä. Toisaalta runkorakenteet olivat kuitenkin elementteinä, mikä nopeuttaa rakentamista verrattuna paikallavalamiseen.



Tietomallinnuksen avulla esimerkiksi rakennuksen runko saadaan tutkittua paremmin etukäteen, mikä auttaa hahmottamaan paremmin monimutkaisia kohtia rakennuksessa sekä rakenteiden ja talotekniikan yhteensovittamista. Täytyy kuitenkin muistaa, että tietomallinnus on dokumentoinnin apuväline eikä se sinällään tee suunnitelmasta hyvää tai huonoa. Lisäksi tietomallinnuksen tarvitsee olla hyvin tehty.

Tänä päivänä mallinnuksen hallitsevia riittävän kokemuksen suunnittelusta omaavia tekijöitä on vielä toistaiseksi rajallinen määrä eivätkä suunnittelukokemus ja mallinnusohjelmien tehokkaat käyttötaidot vielä kohtaa riittävästi. Tulevaisuudessa kuitenkin tietomallinnus tulee korvaamaan 2D-suunnittelut, kun suunnittelijat sekä ohjelmat kehittyvät.

Tietomallinnuksen osalta asuntorakentamisessa on vielä tällä hetkellä haasteita kustannustehokkuuden kanssa johtuen nykyisten asuntokohteiden monimuotoisuudesta, jossa ei esimerkiksi ole toistuvuutta päällekkäisten kerrosten osalta. Tietomallinnuksen hintaan vaikuttaa oleellisesti mallinnuksen taso eli se, mitä tietoa malliin syötetään.

#### 4.2.3 As Oy Espoon Kajo, Tuike & Loimu

YIT rakentaa Espoon Tuomarilaan kolme kappaletta pistekerrostaloja. Yhdessä talossa on 31 asuntoa ja kohde valmistuu kesällä 2017. Koko kohde rakennetaan samanaikaisesti, jolloin rakentaminen on tehokkaampaa.



Kuva 21. Taiteilijan näkemys As Oy Espoon Kajosta, Tuikkeesta ja Loimusta [YIT Kodin verkkosivut: 2016].





Kuva 22. Asemapiirros Espoon Tuomarilasta, johon valmistuu kolme pistekerrostaloa kesällä 2017 [YIT Kodin verkkosivut: 2016].

Kohteessa Kajo ja Tuike perustetaan kallion varaan ja Loimu perustetaan osittain kalliolle ja osittain paalujen varaan. Alapohja on tuulettuva ontelolaattarakenteinen ja välipohjat sekä yläpohja tehdään paikallavaluna. Kattorakenne on tasakattoinen papukatto. Ulkoseinissä sisäkuoret ovat betonielementtejä ja ulkokuori on paikallamuurattu sekä rappattu. Kohteessa vain yhden talon ensimmäisen kerrokseen rakennetaan väestönsuoja ja talojen väliin rakennetaan kylmät autokatokset jotka ovat yhteydessä rakennuksiin.

- |                                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| • asuntojen lukumäärä yht.      | 93 kpl            |
| • asuntojen keskipinta-ala yht. | 49 m <sup>2</sup> |
| • rappujen lukumäärä            | 1 kpl per talo    |
| • rakennusaika                  | 16 kk             |
| • yhden asunnon rakennusaika    | 0,176 kk.         |

*Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä:*

Kohteeseen tulee torninosturi, joka kulkee radalla ja jota voidaan tehokkaasti hyödyntää kaikkien kolmen rakennuksen rakentamisessa. Rungon nostamisen jälkeen vesikatto on tiivis viimeistään kolmen viikon kuluttua. Kohteessa märkätilojen seinät tehdään metallirangalla ja kipsilevyllä, ja työvaiheen on suunniteltu alkavan, kun vesikatto saadaan tiiviiksi. Toisaalta, metallirangat voidaan pystyttää jo aikaisemmassakin vaiheessa, esimerkiksi rungon noston yhteydessä.

Kohde on suunniteltu siten, että kaikki kolme runkoa nostetaan toistensa jälkeen. Rungon pystytysnopeus on kerros viikossa. Jos rakentamisaikaa haluttaisiin lyhentää, rungon noston yhteydessä voitaisiin tehdä kaksivuorotyötä, jolloin joko yhtä taloa nostettaisiin kaksivuorotyönä tai kahta taloa nostettaisiin samanaikaisesti.

*Rakennesuunnittelijan näkemyksiä Kajosta, Tuikkeesta ja Loimusta:*

Kohde on suunniteltu siten, että kolmen talon rungot voidaan nostaa riippumatta autohalleista, jotka tulevat rakennusten väliin. Kohteeseen tulee paikallavaluholvit, jossa on käytetty kaistaraudoitteita irtoterästen sijaan. Tämä nopeuttaa raudoitustyötä huomattavasti. Kaikkiin kolmeen taloon tulee myös ns. Riprap-räystäselementit, jotka on nopea rakentaa. Lisäksi perusmuurit tehdään elementeistä. Kaikkien rakenteiden liitostavat on pyritty toteuttamaan siten, että ne on helppo ja nopea toteuttaa työmaalla.

#### 4.2.4 As Oy Sipoon Tuhkimo

Tuhkimon työmaa sijaitsee Söderkullassa Sipoossa. Kohteessa on 39 asuntoa ja kohde luovutetaan huhtikuussa 2016. Tuhkimossa oli 10.3.2016 rakennusvalvonnan lopputarkastus, jossa ei tullut esiin mitään huomautettavaa.



Kuva 23. As Oy Sipoon Tuhkimo 6.1.2016 [Kuva: Elli Hakkarainen].

Tuhkimo on perustettu kallion varaan maanvaraisella laatalla. Välipohjat ovat ontelolaattarakenteisia. Ulkoseinät ovat sandwich-elementtejä, joihin tulee osittain maalaus ja osittain rappaus. Kattorakenne on harjakatto, jossa ylimmän ontelolaattakerroksen päälle tulee puhallusvilla ja vesikatteeksi tulee huopa.

- |                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| • asuntojen lukumäärä        | 39 kpl            |
| • asuntojen keskipinta-ala   | 51 m <sup>2</sup> |
| • rappujen lukumäärä         | 1 kpl             |
| • rakennusaika               | 13,5 kk           |
| • yhden asunnon rakennusaika | 0,346 kk.         |

#### *Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä*

Tuhkimon rakentamisaika maanrakennustöistä aina kohteen luovutukseen saakka on 13,5 kuukautta. Kohteen rakentamisaikaa voidaan pitää melko väljänä ja aikataulua olisiikin voitu lyhentää tekemättä mitään erikoistoimenpiteitä. Tärkeää on, että kohteen alussa tehdään tavoitteellinen työaikataulu, jonka pohjalta käydään urakkaneuvotteluita. Myöskään aikataulun merkitystä ei voida vähätellä, vaan sen merkitystä tulisi nimenomaan korostaa aliurakkasopimuksia tehtäessä.

Vastaava työnjohtaja pitää tärkeänä, että katto saadaan vesitiiviiksi mahdollisimman nopeasti eikä ennen katon vesitiiviyttä kannata keskeyttää rakennusteknisiä töitä esimerkiksi kesälomien ajaksi.

Lisäksi asuinkerrostalokohteissa aikataulu tulisi suunnitella niin, että kaikki työt tehdään alhaalta ylöspäin. Rakennusteknisiä töitä tehdessä alhaalta ylöspäin tarvitsee ottaa huomioon tietynlaisia rajoitteita aikataulutehtävien suoritusjärjestykselle. Esimerkiksi pinta-betonilattioita valettaessa alemman kerroksen tasoitettöiden ei kannata olla vielä valmiit, sillä jos betonia pääsee valumaan alempaan kerrokseen, joudutaan tasoitetyöt tekemään uudelleen. Vastaava työnjohtaja ei näe mitään ongelmaa rakennettaessa alhaalta ylöspäin kokonaisuudessaan.

Tuhkimossa ei ole ollut kosteuden kanssa minkäänlaisia ongelmia. Tuhkimossa on kiinnitetty erityistä huomiota kosteudenhallintaan, jota vastaava työnjohtaja pitää erityisen tärkeänä asiana. Kosteudenhallinta on toteutettu pitämällä rakennus alipaineistettuna

rakentamisen aikana kanavapuhaltimilla, jotka imevät kosteaa ilmaa rakennuksen sisältä puhalttaen sen ulos. Kanavapuhaltimet aiheuttavat alipaineen, joten kosteus ei pääse imeytymään rakenteisiin.

#### 4.2.5 As Oy Vantaan Akaatti

Akaatti sijaitsee Kivistössä Vantaalla. Kohde valmistuu helmikuussa 2017.



Kuva 24. Taiteilijan näkemys As Oy Vantaan Akaatista [YIT Kodin verkkosivut: 2016].

- |                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| • asuntojen lukumäärä        | 31 kpl            |
| • asuntojen keskipinta-ala   | 54 m <sup>2</sup> |
| • rappujen lukumäärä         | 1 kpl             |
| • rakennusaika               | 13 kk             |
| • yhden asunnon rakennusaika | 0,419 kk          |
| • kokonaistyöpanos           | 12 327 tth.       |

Akaatti on perustettu porapaalujen varaan, jossa alapohja on tuulettuva ontelolaattarakenteinen. Välipohjat ovat myös ontelolaattarakenteisia. Ulkoseinissä ensimmäinen kerros on sandwich-elementti, ylemmät kerrokset ovat myös betonirakenteisia, mutta niissä

tehdään rappaus villan päälle. Yläpohja on tasakatto, johon tulee kevytsoraeriste. Väestönsuoja on ensimmäisessä kerroksessa. Autopaikoitus ei ole rakennuksen yhteydessä.

*Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä:*

Akaatti on tyypillistä kerrostalotuotantoa, joten rakentamisaika määräytyy perimätiedon pohjalta. Rakentamisaikatauluja tehtäessä huomioidaan vuodenaika, julkisivurakenne, kylpyhuoneiden tekotapa sekä se, että omaperustaisessa asuntotuotannossa jätetään tarpeeksi aikaa asukkaiden asukastarkastuksille kohteen loppuvaiheessa.

Haastattelua tehtäessä Akaatissa oli rungon asennus yli puolessavälissä ja tässä kohtaa rakentamisajan lyhentäminen onnistuisi 1-2 kuukaudella, mikäli kaikki sisävalmistustyöt tehtäisiin kahdella työryhmällä.

Akaatissa kuivumisaikojen kanssa ei tule ongelmaa. Esimerkiksi vesieristettävät lattiat valetaan maakostealla betonilla, joka kuivuu nopeammin ja on päällystettävissä nopeammin kuin tavallinen betoni. Kaatolattiavalu tehdään kun vesikatto on ummessa.

Koko IV-konehuone on valmiina elementtinä, jonka sisällä ilmastointikone on valmiina. Kun IV-konehuonetta ei tarvitse rakentaa paikalla ja se on yhden päivän aikana valmis, vesikattotyöt nopeutuvat huomattavasti.



#### 4.2.6 As Oy Vantaan Louhi

Louhi sijaitsee Louhelassa Vantaalla ja kohde on valmis kesällä 2017.



Kuva 25. Taiteilijan näkemys As Oy Vantaan Louhesta [YIT Kodin verkkosivut: 2016].

- |                              |           |
|------------------------------|-----------|
| • asuntojen lukumäärä        | 52 kpl    |
| • rappujen lukumäärä         | 2 kpl     |
| • rakennusaika               | 15 kk     |
| • yhden asunnon rakennusaika | 0,288 kk. |

Louhi perustetaan paalujen varaan. Alapohjarakenteena on tuulettuva ontelolaattarakenne. Välipohjat sekä yläpohja ovat myös ontelolaattarakenteisia. Kattorakenne on tasakatto kevytsoraeristyksellä. Ulkoseinät ovat betonielementtejä, jotka rapataan. Väestönsuoja tulee toisen rapun ensimmäiseen kerrokseen ja autopaikotus on erillinen rakennuksesta.

*Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä:*

Kohteessa on torninosturi, jolla voidaan hallinnoida koko tonttia. Torninosturissa on huomattavasti parempi ulottuvuus kuin autonosturissa eikä tontille tarvitse varata tilaa eri

autonosturien paikoille. Torninosturi on myös asentajaystävällisempi ja torninosturin kuskilla on koko ajan näköyhteys, mikä lisää työturvallisuutta. Torninosturi on myös hyvä apuväline välipohjaontelokenttien valamisessa. Ontelolaattakentän valaminen onnistuu betonijassikalla, joka on betonipumppuautoon verrattuna huomattavasti kustannustehokkaampi ja lisäksi betonijassikalla valaessa betoni pysyy paremmin homogeenisenä, kun taas betonipumppu erottelee veden ja hiekan toisistaan.

Koko talon runko nostetaan kerralla (2 rappua) ja yhden kerroksen nostamiseen menee aikaa seitsemän päivää. Kylpyhuoneiden ja saunojen kaatolattiat valetaan maakostealla betonilla, kun vesikatto on ummessa. Rungon noston yhteydessä alemmissa kerroksissa asennetaan kevytsoraelementtejä (ACO-elementti) kylpyhuoneiden ja saunojen seiniksi sekä ikkuna-asennus aloitetaan myös. Rungon pystytyksen jälkeen vesikatto on ummessa neljässä viikossa. Lisäksi vesikaton umpeuduttua hissien asentaminen aloitetaan ja sitä käytetään hyödyksi rakentamisaikana.

Rungon ja vesikaton jälkeen väliseinätyö aloitetaan tekemään työpuoli alhaalta ylöspäin. Kun ylimmässä kerroksessa ollaan valmiita väliseinien työpuolen kanssa, niin töiden suoritusjärjestys muutetaan ylhäältä alaspäin tehtäväksi.



#### 4.2.7 As Oy Helsingin Koskikara

Koskikara sijaitsee Helsingin Lauttasaarella ja kohde valmistuu huhtikuussa 2017.



Kuva 26. As Oy Helsingin Koskikara 21.3.2016 [Kuva: Tuomas Keskitalo].

- asuntojen lukumäärä 83 kpl
- asuntojen keskipinta-ala 70 m<sup>2</sup>
- rappujen lukumäärä 3 kpl
- rakennusaika 24 kk
- yhden asunnon rakennusaika 0,289 kk.

Yhtiössä on yksi kolmiportainen 4-6 kerroksinen kerrostalo. Rakennuksen kellarikerroksessa sijaitsee yhteinen kolmikerroksinen pysäköintihalli. Rakennuksen ensimmäisellä tasolla on kolme liiketilaa, yhteistiloja sekä väestönsuoja. Koskikarassa välipohjat ovat ontelolaattarakenteisia ja rakennuksessa on tasakatto. Ulkoseinien sisäkuori on betonielementti, joka osittain muurataan ja rapataan. Lisäksi osaan rakennusta tulee suoraan sandwich-elementtiseinät.

*Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä:*

Ennakkosuunnittelu on todella tärkeää, lähdettiin tekemään mitä tahansa kohdetta. Piirustusten tulisi olla valmiit siten, että niihin ehditään tutustumaan ja mahdollisesti selvittämään niihin liittyviä epäkohtia ennen rakentamista. Mikäli piirustuksiin ei päästä tutustumaan ennen rakentamista, saatetaan epäselvyyksiä joutua selvittämään parhaana rakentamisaikana, mikä voi edelleen aiheuttaa sen, etteivät työvaiheet etene parhaalla mahdollisella tuotantonopeudella.

Koskikarassa valetaan kosteiden tilojen kaatolattiat vasta, kun vesikatto on tiivis. Väliseinätöitä aloitettiin ennen katon vesitiiviyyttä.

Mikäli haluttaisiin saada lisää nopeutta rakentamisvaiheeseen, rungon nostaminen voitaisiin toteuttaa kahdessa vuorossa, jolloin myös nosturin käyttö tulisi tehokkaammaksi. Toisena vaihtoehtona voisi olla sisävalmistustöiden tekeminen kahdella eri työryhmällä.

Nopeassa rakentamisessa olennaisinta on kuitenkin se, että rakennus suunnitellaan siten, että se on nopeasti rakennettavissa. Lisäksi kaikkien suunnitelmien tulee olla valmiina riittävän ajoissa, jotta niihin ehditään tutustuman ennen rakentamista ja tekemään mahdollisia muutoksia sekä selvittämään epäselvyyksiä.

#### 4.2.8 As Oy Helsingin Nuoli, Treffi & Keula (Lauttasaaren ostoskeskus)

Vanhan ostoskeskuksen paikalle rakennetaan kolme asuinkerrostaloa, kauppakeskus sekä metroasema. Kauppakeskus ja metroasema ovat valmiita loppuvuonna 2016 ja asunnot ovat valmiit vuonna 2017.



Kuva 27. Taiteilijan näkemys Lauttasaaren kauppakeskuksesta [YIT kodin verkkosivut: 2016].

- asuntojen lukumäärä 136 kpl
- asuntojen keskipinta-ala 61 m<sup>2</sup>
- rappujen lukumäärä 2+rivitalo+1+1 kpl
- rakennusaika 25 kk
- yhden asunnon rakennusaika 0,184 kk.

Lauttasaaren kauppakeskuksen asunnot luovutetaan kolmessa osassa. Ensimmäinen luovutus on helmikuussa 2017 ja viimeinen toukokuussa 2017. Kohteen rakennusaika ylläolevassa luettelussa on määräytynyt toukokuun 2017 mukaan.

Kohteessa välipohjat toteutetaan paikallavaluna ja ulkoseinien sisäkuori on betonielementti, johon tulee rappaus ulkopintaan. Kohteessa on kaksikerroksinen autopaikoitus ja kaksi kerrosta liiketilaa asuntojen alapuolella. Lisäksi yhden talon alapuolella on tulevan metron sisäänkäynti.

### *Vastaavan työjohtajan näkemyksiä*

Kohteen aikatauluun on otettu riskivarausta, sillä kohteen rakentamisessa tehdään yhteistyötä useiden eri toimijoiden, kuten Skanskan, Länsimetron ja YIT:n oman toimitilayksikön, kanssa. Kun kohdetta alettiin rakentaa, kaikki suunnitelmat eivät olleet valmiita, vaan suunnittelua ja rakentamista tehtiin samanaikaisesti.

Jokaisessa hankkeessa tulisi olla aikaa ennakkosuunnitteluun ja suunnitelmien tulisi olla valmiita ennen rakentamisen aloitusta. Hankkeissa, joissa on paljon yhteensovittamista muiden urakoitsijoiden kanssa, tulisi projektipäällikön ottaa suurempaa roolia yhteensovituksessa, jolloin voitaisiin saada aikaan sujuvampaa yhteistyötä.

Kohteessa välipohjat tehdään paikallavaluna, mikä mahdollistaa vesien paremman hallinnan holvilla. Samanaikaisesti alemmissa kerroksissa olevassa kauppakeskuksessa voidaan tehdä valmiita pintoja, kun runkoa vielä nostetaan ylemmissä kerroksissa.

Suunnitteluvaihe on hyvin tärkeässä roolissa, mikäli halutaan rakentaa nopeasti kohteita valmiiksi. Ensinnäkin, rakentamista aloitettaessa suunnitelmien tulee olla valmiit ja pitää olla mietitty, miten lämmönjakohuoneeseen saadaan lämpö heti päälle. Lisäksi on myös tärkeää, että kaikki materiaalien toimittajat on jo valittu ja varmistua niiden toimitusvarmuudesta.

#### 4.2.9 As Oy Vantaan Kivitasku

Kivitasku on kolmen kerrostalon kokonaisuus Kivistössä, Vantaalla. Kohde on valmis keuhällä 2016. Kuvassa 28 on asemapiirros Kivitaskusta. 1B ja 1C ovat tavanomaisia kerrostaloja ja 1A on kolmikerroksinen luhtitalo.

## ASEMAPIIRROS



Kuva 28. Asemapiirros Kivitaskusta [Realia asuntovuokrauksen verkkosivut: 2016].

- |                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| • asuntojen lukumäärä        | 80 kpl                  |
| • asuntojen keskipinta-ala   | 47 m <sup>2</sup>       |
| • rappujen lukumäärä         | 1 luhtitalo + 1 + 1 kpl |
| • rakennusaika               | 16 kk                   |
| • yhden asunnon rakennusaika | 0,200 kk.               |

Kivitaskun rakennukset ovat täyselementtirakennuksia. Ulkokuoreen tulee rappaus. Autohalli ei ole suoraan yhteydessä rakennuksiin ja väestösuoja tulee yhden kerrostalon ensimmäiseen kerrokseen.

#### *Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä*

Kivitaskun rakentamisaika on riittävän kireä eikä siinä ole varattu yhtään aikaa suuremmille häiriöille. Kohteessa on käytetty tekniikkalaattoja sekä tekniikkaseiniä, mikä tarkoittaa, että kaikki tuleva talotekniikka on asennettu jo valmiiksi. Hissi asennetaan aina heti, kun vesikatto on tiivis.

Kohteen aikataulua voitaisiin kiristää tekemällä joitain töitä kahdella eri työryhmällä. Sisävalmistustöiden tekeminen useammalla työryhmällä on huomattavasti helpompi järjestää kuin esimerkiksi kolmen rungon pystyttäminen samaan aikaan. Mikäli rungot pystytettäisiin samanaikaisesti, tarvittaisiin kolme nosturia ja pitäisi pystyä varmistumaan, että elementtitehdas pystyy toimittamaan betonielementtejä riittävällä nopeudella. Myös, jos runkoja haluttaisiin nostaa kaksivuorotyönä, on varmistuttava elementtitehtaan kyvystä toimittaa betonielementtejä riittävällä nopeudella. Mikäli betonielementtien toimituksessa on häiriöitä, koko työ voi osoittautua kannattamattomaksi, kun venttatuntien määrä nousee liialliseksi. Lisäksi kaksivuorotyön ja ylipäättään nopean rakentamisen vaarana on, että rakentamisen laatu kärsii ja virheitä joudutaan korjailemaan myöhemmin, mikä ei myöskään ole kannattavaa.



#### 4.2.10 As Oy Helsingin Larunsolmu

Larunsolmu sijaitsee Helsingin Lauttasaassa ja kohde valmistuu kesällä 2017.



Kuva 29. Taiteilijan näkemys As Oy Helsingin Larunsolmusta [YIT Kodin verkkosivut: 2016].

- |                              |             |
|------------------------------|-------------|
| • asuntojen lukumäärä        | 34 kpl      |
| • rappujen lukumäärä         | 2 kpl       |
| • rakennusaika               | 17 kk       |
| • yhden asunnon rakennusaika | 0,500 kk    |
| • kokonaistyöpanos           | 30 000 tth. |

Larunsolmun alimpaan kerrokseen tulee bussiterminaali ja toiseen kerrokseen tulee toimistoja, joten tämä kohde eroaa jokseenkin tavanomaisesta asuinkerrostalorakentamisesta. Kohteen pohja on louhittu, välipohjat ovat paikallavalettavat ja ulkoseinien sisäkuori on betonielementti, johon tulee rappaus pintaan. Kattorakenne on moninainen ja se toteutetaan puisilla kattotuoleilla. Väestönsuoja on sijoitettuna toisen rapun ensimmäiseen kerrokseen. Autopaikotus ei ole yhteydessä rakennukseen.

*Vastaavan työnjohtajan näkemyksiä*

Väestönsuoja toteutetaan betonielementteinä, mikä nopeuttaa rakentamisaikaa kohteen alussa hieman. Rakennuksen runko on jaettu kahteen osaan. Kun toisen osan välipohja on valettu, muottikalusto irrotetaan ja asennetaan toiselle osalle. Samanaikaisesti osassa, josta muottikalusto irrotettiin, voidaan aloittaa betonielementtiseinien asentamista.

Koska rungon rakentaminen on hieman tavanomaista kohdetta haastavampi, aikatauluun on runko- ja väliseinätöiden väliin jätetty hieman häiriövarausta. Väliseinätyöt aloitetaan, kun vesikatto on saatu tiiviiksi. Rungon jälkeen vesikaton tiiviiksi saamiseen on varattu neljä viikkoa aikaa.

Kohteessa voitaisiin kiristää aikataulua järjestelemällä kesälomat niin, etteivät ne aiheuta töiden keskeytymistä työmaalla sekä tiivistämällä aikataulutehtäviä lähemmäksi toisiaan. Kohteessa on paikallavaluholvit, jotka tarvitsevat noin viisi kuukautta kuivumisaikaa. Tämä tahdistaa sisälattioiden tekemisen.



## 5 Johtopäätökset

Tässä luvussa on käyty erikseen läpi rakennussuunnitteluvaiheessa ja tuotantovaiheessa käytettävät työkalut rakentamisaajan lyhentämiseen. Alla olevissa esimerkeissä olettamuksena on, että projektipäällikkö ohjaa suunnittelua.

### *Rakennussuunnitteluvaihe*

Pyrkimys lyhyeen rakentamisaikaan asuinkerrostalohankkeissa tulee tietää jo rakennussuunnitteluvaiheessa. Tässä kohtaa projektipäälliköllä on merkittävä rooli sekä suunnittelun ohjauksessa että yleisessä viestinnässä ja tiedonkulussa hankkeen eri osapuolten välillä. Suunnitteluvaiheessa tehdään merkittävimmät rakentamisaikaan liittyvät päätökset. Lyhempään rakentamisaikaan pyrittäessä vaaditaan myös parempaa projektinhallintaa. Etukäteen tulee varmistua esimerkiksi kaikkien materiaalien toimitusajoista ja aikataulujen tulee olla kohdekohtaisesti mahdollisimman tarkkoja. Yleensä aikatauluun jätetään puskurivaroja mahdollisten häiriöiden varalle, mutta pyrittäessä lyhimpään mahdolliseen rakennusaikaan puskurivarat tulee jättää minimiin tai poistaa kokonaan sekä välttää kaikki mahdolliset häiriöt ja virheet moniulotteisella riskikartoituksella. Lyhempi rakentamisaika asettaa haasteita laaduntuottoon, aikataulunpitoon ja asiakaspalveluun. Näitä asioita tulee myös pohtia kohdekohtaisesti ja tunnistaa hankkeen kannalta tärkeimmät tekijät, joihin halutaan panostaa.

Esivalmistetut rakennusosat ovat merkittävin tekijä, jolla rakentamisaikaa saadaan nopeutettua. Esivalmistettujen rakennusosien käyttöasteesta päätetään suunnitteluvaiheessa.

Suunnittelunohjauksessa tulee pyrkiä valitsemaan entuudestaan tuotantohenkilöstölle tuttuja ratkaisuja, joiden avulla sujuvan tuotannon varmuutta saadaan lisättyä. Erityisen tärkeää on myös, että tuotantohenkilöstö osallistuu suunnittelunohjaukseen ja antaa oman näkemyksensä suunnitelmien toteuttamisesta. Kaikista olennaisinta on, että tuotantohenkilöstö tutustuu suunnitelmiin siinä vaiheessa, kun suunnitelmiin voidaan vielä tehdä muutoksia eikä siinä vaiheessa, kun suunnitelmiin ei voida enää vaikuttaa.

Rakennussuunnittelussa tulee kiinnittää huomiota väestönsuojan paikkaan sekä auto-paikoitukseen. Tyypillisesti väestönsuoja on asuinkerrostalon ensimmäisessä kerroksessa, mikä hidastaa rakennusteknisiä töitä alkuvaiheessa. Mikäli mahdollista, voitaisiin

väestösuoja sijoittaa erilliseen rakennukseen, jolloin se ei olisi hidastamassa rakennusteknisiä töitä kohteen alkuvaiheessa. Toinen vaihtoehto voisi olla, että aluerakentamishankkeissa tehdään yksi isompi väestönsuoja, jolloin jokaisen rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen ei tarvitsisi tehdä omaa pientä väestönsuojaa. Lisäksi väestönsuoja kannattaa toteuttaa elementteinä paikallavalun sijaan, mikäli halutaan nopeuttaa rakentamista.

Aina kun mahdollista, autopaikoitus kannattaa pitää asuinrakennuksesta erillisenä, jos pyritään nopeaan rakentamisaikaan. Mikäli autopaikoituksen tulee olla yhteydessä rakennukseen, tulee se rakennusteknisesti suunnitella siten, että itse asuinrakennukset voidaan rakentaa valmiiksi autopaikoituksesta riippumatta. Esimerkkinä voidaan mainita tapaukset, joissa kylmä autohalli tulee kahden kerrostalon väliin.

Alla on lueteltuna tavanomaisia ratkaisuja, joilla rakentamisaikaa saadaan lyhennettyä:

- täyselementtitalo
- pistekerrostalo (vain yksi rappu)
- keskitetty IV katolla (IV-konehuone on tilaelementti, jossa IV-kone valmiiksi sisällä)
- tasainen tontti ja ympäristö
- työmaaorganisaatio aikaisin sitoutettu
- monitoimiurakka omalla työvoimalla
- rakentamisaikaiset muutokset minimiin
- rakentamisen aloitusajankohta keväällä
- vuorotyö, esim. runko tehdään kahdessa vuorossa (nosturin tehokas käyttö)
- perustukset yhdessä tasossa
- vakiokerrospohjat
- suorakaiteen muotoinen pohja (ei ulkonevia tai siseneviä osia)
- ikkunat, vesipellit ja kittaukset valmiina täyselementtirakenteissa
- lämpövalmius heti runkovaiheessa
- kunnallistekniikka perustusvaiheessa heti valmiiksi
- sähkö- ja vesilinjat yhdistetty esimerkiksi ELPO-hormiin tai tekniikkaseinien ja laattojen käyttäminen
- kylpyhuone-elementit tai yhdistetty kylpyhuone- ja keittiöelementti
- kaatolattioiden valaminen maakostealla massalla
- LVIS-liittymät tontin lähellä
- VSS elementeistä
- yksinkertainen suora porraskoulu
- väliseinien ja alakattojen määrät minimiin.

### *Tuotantovaihe*

Tuotantovaiheessa keinot rakentamisajan lyhentämiseen ovat rajoittuneemmat kuin rakennussuunnitteluvaiheessa, mutta työmaan aikanakin on käytettävissä lukuisia keinoja, joilla tuotantoa voidaan nopeuttaa. Alla kuvataan rakentamisvaiheet rakennustöiden aloituksesta sisävalmistusvaiheeseen ja luetellaan erilaisia keinoja, jolla rakentamisaikaa voitaisiin lyhentää.

### *Perustamisvaihe*

Perustamisvaiheessa töitä tulisi suorittaa sellaisessa järjestyksessä, että LVV-urakoitsijalle taataan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa puitteet lämmönjakohuoneen tekemiseksi ja lämpöjärjestelmien rakentamiseksi ja että rakennukseen saadaan lämpövalmiudet jo varhaisessa vaiheessa. Esimerkiksi, jos lämmönjakohuone sijaitsee erillisessä rakennuksessa, tulee tämä rakennus rakentaa ensimmäisenä. Toinen olennainen asia on, että jos kohteessa on monta lohkoa tai erillistä rakennusta, tulee rakennustekniset työt aloittaa sieltä, missä runko- ja perustamisvaihe ovat ajallisesti lyhimvät. Tämä mahdollistaa sisävalmistustöiden töiden aloittamisen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Yleisen tehokkaan tuotannon periaatteen mukaisesti pyritään luomaan mahdollisimman paljon vapaita työkohteita, joita voidaan hyödyntää käytettäessä useaa eri työryhmää samanaikaisesti. Näin tuotantoa saadaan tehostettua ja rakentamisaikaa lyhennettyä.

### *Runkovaihe*

Tehokkaan rungon pystytyksen peruslähtökohta on urakkasopimus aliurakoitsijan kanssa tai työkaupan tekeminen omien työmiesten kanssa. Tärkeää niin rungon pystytyksessä kuin muidenkin töiden työkauppojen tai aliurakkasopimusten kirjoittamisessa on se, että työvaiheeseen ei jää tekemättömiä töitä. Sopimusta kirjoittaessa tulee vahvasti kiinnittää huomiota laatuvaatimuksiin, työturvallisuuteen sekä aikatauluun. Sopimuksissa voidaan sopia tuotantonopeudesta tai siitä, koska rungon pystytyksen tulee olla valmis. Toisaalta runko voidaan pystyttää myös kaksivuorotyössä, jolloin nosturi saataisiin tehokkaaseen käyttöön. Runko- ja vesikattotöitä ajatellen tulee harkita myös torninosturin valintaa. Pienemmissäkin kohteissa torninosturin käyttö voi olla kokonaisuutta ajatellen kannattavampaa. Torninosturin etuja ovat asentajaystävällisyys, tehokkuus ja hyvä näkyvyys, joka myös parantaa työturvallisuutta. Torninosturi ei vie paljon

tilaa tontilla, mutta sillä pystytään kuitenkin hallitsemaan koko tonttia. Välipohjia valettaessa torninosturilla voidaan käyttää betonijassikkaa, joka takaa betonin paremman laadun eikä aiheuta samanlaisia päällekkäisiä kustannuksia kuin betonipumpun käyttö autonosturin samanaikaisesti seisoessa työmaalla.

Välipohjaratkaisuilla, olivatpa ne sitten paikallavalettavat tai ontelolaattarakenteiset, ei ole automaattista merkitystä kokonaisrakentamisaikaan. Olennaista on vain ymmärtää eri rakenneratkaisuiden asettamat mahdollisuudet ja rajoitteet. Esimerkiksi paikallavalettavat välipohjat antavat erinomaisen mahdollisuuden tehdä valmiita pintoja alemmissa kerroksissa, kun runkoa vielä nostetaan ylemmissä kerroksissa. Paikallavalettavissa välipohjissa holvien vedet saadaan paremmin hallintaan kuin ontelolaattavälipohjissa, joissa vedet vuotavat vesikaton tiiviiksi saattamiseen asti. Sama pätee myös kylpyhuone-elementteihin. Vaikka kohteessa käytettäisiin kylpyhuone-elementtejä, kohteet eivät välttämättä ole yhtään aikaisemmin valmiita kuin kohteet, joissa on paikallatehdyt kylpyhuoneet, sillä kylpyhuone-elementit itsessään eivät nopeuta rakentamista.

Runkovaiheessa, mikäli kohteessa on paikalla rakennettavat kylpyhuoneet, tulee varmistua siitä, että tuoretta betonia ei päästetä kastumaan. Se lisää merkittävästi betonin sitoutumista ja kuivumisaikaa, ja voi myös pahimmissa tapauksissa pidentää rakentamisaikaa, kun betonia ei päästä pinnoittamaan. Paras vaihtoehto on, että kaatolattiavalmistelut aloitetaan rungon noston yhteydessä ja että valmistelut ovat valmiit viimeistään, kun saadaan vesikatto tiiviiksi. Kun vesikatto on tiivis, voidaan kaatolattiat valaa. Mikäli halutaan päästä nopeammin pinnoittamaan betonipintoja, voidaan valut suorittaa maakostealla betonilla, jonka kuivuminen on huomattavasti nopeampaa kuin tavallisen betonin.

On olemassa myös sellaisia ratkaisuja, joita käyttämällä ei tarvitse tehdä erillisiä kaatolattiavaluja. Tällaisia ovat esimerkiksi tekniikkaseinät ja -laatat.

Vaikka rungon pystytyksessä edettäisiinkin normaalilla tuotantonopeudella ilman vuoro- tai lisätöitä, on tärkeää, ettei töitä keskeytetä esimerkiksi kesälomien ajaksi ennen kuin vesikatto on tiivis.

### *Vesikatto*

Rungon pystyttäminen kaksivuorotyössä ja vesikaton tehokas rakentaminen vesitiiviiksi enintään kolmessa viikossa, on erinomaisin ja yksinkertaisin työkalu asuinkerrostalokoh- teiden kosteudenhallintaan ja nopeaan rakentamiseen. Mikäli kohteen katolle tulee il- mastointikonehuone, kannattaa se hankkia valmiina elementtinä, johon asennetaan IV- kone valmiiksi sisälle. Näin rakentamisaikaa saadaan lyhennettyä ja vesikatolla tehtävää työtä vähennettyä. Esimerkiksi eräässä kolmirappuisessa, suorakaiteenmuotoisessa, seitsenkerroksisessa asuinkerrostalossa on onnistuttu tekemään vesikatto tiiviiksi kah- dessa viikossa. Tämä on ollut mahdollista hyvin kirjoitetun aliurakkasopimuksen sekä ennen vesikattotöitä pidetyn ennakkopalaverin ansiota. Palaveriin osallistui vesikaton puutöistä vastaava urakoitsija, IV-töiden työnjohto, vesikatteen asentava urakoitsija sekä vastaava työnjohtaja. Palaverissa käytiin läpi vesikattotöiden aikataulu puolen päivän tarkkuudella ja jokainen taho ilmoitti ne edellytykset, joiden on oltava kunnossa, jotta he voivat aloittaa omat työnsä vesikatolla. Myös ilmenneet ongelmat ratkaistiin etukäteen tässä palaverissa, jotta ne eivät keskeytä varsinaista rakennustyötä myöhemmässä vai- heessa.

### *Sisävalmistusvaihe*

Sisävalmistusvaiheessa on vielä erinomaisia mahdollisuuksia kiihdyttää aikataulua. Esimerkiksi maalaus- ja tasoitustöiden tekeminen useammalla työryhmällä on helpompaa kuin run- gon pystyttäminen, joka vaatisi lisänostureita ja varmuuden siitä, että betonitehdas pys- tyy toimittamaan betonielementtejä riittävällä nopeudella. Heti vesikaton tiiviiden jäl- keen on myös kannattavaa aloittaa hissin asennus, jotta sitä voidaan hyödyntää raken- nusaikaisten materiaalien ja tavaroiden siirtämisessä.

Asuinkerrostalot tehdään aina kohteesta riippumatta alhaalta ylöspäin aina vesikattoon saakka. Tämän jälkeen useissa kohteissa rakentamisjärjestys vaihdetaan ylhäältä alas- päin eteneväksi. Usein perusteluna on, että pystytään tuottamaan parempaa laatua tai on totuttu aina tekemään niin. Mikäli aikataulua halutaan kiristää, kaikki työvaiheet tulisi tehdä alhaalta ylöspäin. Tämä ilmenee hyvin paikka-aikakaaviosta. Kun viivojen suunta kääntyy toisinpäin, muodostuu kolmionmuotoinen tyhjäkäyntialue aikatauluun, joka voi-

taisiin käyttää hyvin hyödyksi nopeuttaen aikataulua. Mikäli kohteena on esimerkiksi neljäkerroksinen kerrostalo, aikasäästö on kuitenkin koettu vain maltilliseksi, minkä vuoksi kyseistä aikataulun nopeutusta ei ole haluttu hyödyntää. Työvaiheiden tekeminen alhaalta ylöspäin alkaa näytellä suurempaa roolia vasta, kun rakennusten kerrosluku kasvaa suuremmaksi.

#### *Yleistä aikataulun lyhentämisestä*

Mitä aikaisemmin saadaan tieto siitä, että kohde tulee rakentaa nopeasti, sitä helpommin se on toteutettavissa. Nopeampi rakentaminen vaatii projektijohdolta enemmän ja ennakkosuunnittelun tulee olla korkealla tasolla, kun aikataulu ei mahdollista tuotantokatkoja. Tärkeää on, että kaikkien aliurakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien resurssi- ja toimitusvarmuuksista varmistutaan etukäteen, jotta niiden takia ei aiheudu tuotantokatkoja. Aikataulun lyhentämisessä tulee huomioida työturvallisuus, laatu sekä kustannukset. Mikäli aikataulun lyhentämistä tehdään edellä mainittujen tekijöiden kustannuksella, voi lyhentämisestä olla enemmän haittaa kuin hyötyä. Rakentamisaika tulee arvioida kunkin hankkeen kohdalla erikseen ja punnita juuri kyseisen hankkeen kannalta keskeisiä tekijöitä.

Ennakkosuunnittelua tulee lisätä, kun halutaan rakentaa lyhemmässä ajassa, ja urakasisällöt tulee kirjoittaa kattavasti, jotta tekemättömiä töitä ei jää. Lisäksi, jos mahdollista, maksuerätaulukot tulee kirjoittaa takapainoisesti, jolloin vasta valmiista työstä maksetaan enemmän ja urakoitsijalla on kannustin saattaa työt loppuun. Yleisesti raha on erinomainen ohjauskeino esimerkiksi aikataulun suhteen.

Lisäksi hyvin tärkeässä roolissa on koko tuotantohenkilöstön sitouttaminen yhteisiin tavoitteisiin. Yksi avaintekijä on, että LVISA-työt sovitetaan yhteen rakennusteknisten töiden ja niistä luodun aikataulun kanssa. Urakkaneuvotteluissa tulee korostaa aikataulun merkitystä. Aikataulu sovitaan yksittäisten aliurakoitsijoiden kanssa tuotantonopeudeltaan yhteneväksi rakennusteknisten töiden kanssa ja varmistutaan talotekniikkaurakoitsijoiden sitoutuminen yhteisiin tavoitteisiin.

## 6 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin asuinkerrostalojen rakentamisaikaa ja sitä, miten sitä voitaisiin lyhentää. Insinööriyön päätavoitteena oli tuoda esille useita eri keinoja, joilla rakentamisaikaa voidaan lyhentää asuinkerrostalokohteissa yleisesti. Tämä insinööriyö keskittyi tarkastelemaan rakentamisajan lyhentämistä nimenomaan rakennusurakoitsijan näkökulmasta.

Rakennustyömailla on aikaan sidottuja käyttö- ja yhteiskustannuksia ja rakentamisajan lyhentäminen tuottaa kustannussäästöjä sekä tilaajalle että rakennusurakoitsijalle. Rakentamisajan lyhentämisessä olennaista on kuitenkin huomioida laatu- ja työturvallisuusvaatimukset, jotka eivät saa poiketa vanhasta olemassa olevasta tasosta negatiivisesti. Rakentamisaikaan vaikuttaa lukematon määrä eri tekijöitä, jotka on tiedostettu hyvin rakentamissektorilla. Olennaista on vain löytää eri rakennusprojekteihin soveltuvat tekijät ja soveltaa niitä tapauskohtaisesti

Työn kirjallisuusosassa perehdyttiin laajasti aihealueisiin, jotka ovat sidoksissa tai vaikuttavat rakentamisaikaan, kuten aikataulutukseen, tuotannonohjaukseen sekä rakennustyön tuottavuuteen ja täten pyrittiin saamaan riittävä ymmärrys työn empiriaosan suoritamiseksi. Kirjallisuuslähteinä käytettiin sekä suomalaisia että ulkomaalaisia teoksia.

Työn empiriaosassa tehtiin sähköpostihaastattelu 12 eri henkilölle. Haastateltavat työskentelevät asuinkerrostaloprojektin eri vaiheissa aina tarveselvitysvaiheesta rakennusvaiheeseen asti ja täten pyrittiin saamaan laaja käsitys käsiteltävästä asiasta. Tämän lisäksi vierailtiin kymmenellä eri asuinkerrostalotyömaalla pääkaupunkiseudulla ja tutustuttiin eri vastaavien työnjohtajien työmaajohtamiseen ja kuultiin heidän näkökantojaan rakentamisaikaan liittyen.

Kaikki rakennusprojektit ovat erilaisia ja tuotantotekniikat vaihtelevat projektien välillä, joten tämän opinnäytetyön tuloksia on sovellettava tilannekohtaisesti, jolloin ne toimivat tarkoituksenmukaisina keinoja rakentamisajan lyhentämiseksi. Tutkimus osoitti, että rakentamisaikaa voidaan lyhentää tavanomaisissa kerrostalokohteissa 1-2 kuukautta pienillä muutoksilla aikataulutuksessa, rakennusjärjestyksen valinnassa tai vapaiden työkohteiden hyödyntämisessä. Pidempi, 3-6 kuukauden, rakentamisajan lyhentäminen onnistuu lisäämällä rakenteiden esivalmistusastetta.



## 7 Pohdinta

Tässä insinööriyössä tarkasteltu teoria ja empiria tukevat toisiaan. Molempien aineistojen näkemykset rakentamisajan lyhentämisestä ovat samankaltaisia eikä teorian ja empirian välillä esiinny ristiriitoja. Näin ollen tämän insinööriyön tuloksia voidaan pitää luotettavina. Empiirisessä osuudessa näkemyksiin päästiin paneutumaan vielä syvällisemmin ja lisäksi esiin nousi konkreettisia keinoja rakentamisajan lyhentämiseksi, joita teoreettinen kirjallisuus ei huomionut.

Sovellettaessa tämän insinööriyön tuloksia käytäntöön on huomioitava asuinkerrostalojen rakentamisprojektien ainutlaatuisuus. Jokainen projekti on omanlaisensa ja sillä on omat erityisvaatimuksensa, minkä vuoksi myös rakentamisajan lyhentämiseksi käytettäviä keinoja on aina harkittava tapauskohtaisesti.

Yksittäisten työntekijöiden sitoutumista asuinkerrostalon rakentamisprojektiin ja motivaatiota tavoitteiden saavuttamiseen voitaisiin mahdollisesti ohjailla projektikohtaisen tulospalkkiojärjestelmän avulla. Aivan kuten rakennusurakoitsijoilla on omat palkkio- ja kannustinjärjestelmänsä, tällaisten luominen myös työntekijöille saattaisi olla kannattavaa. Jos yhteiset tavoitteet asetettaisiin projektikohtaisesti ja jokainen työntekijä saisi tulospalkkiota onnistuneesta projektista, sitoutuisivat työntekijät varmasti paremmin työhönsä ja pyrkisivät yhä innokkaammin saavuttamaan yhteisesti asetetut tavoitteet.

### *Jatkotutkimusehdotukset*

Tässä insinööriyössä tutkittiin, miten asuinkerrostalojen rakentamisaikaa saataisiin lyhennettyä. Tämän lisäksi olisi mielenkiintoista pohtia, miten lyhempi rakentamisaika vaikuttaa rakennettavan kohteen laatuun tai kustannuksiin. Lisäksi voitaisiin tutkia, tuleeko 2-3 kuukautta nopeammin rakennettavien rakennusten työmaista tapaturma-alttiimpia kuin ne nykyisin ovat.

Lisäksi olisi mielenkiintoista laajentaa tutkimusta rakentamisajasta myös esimerkiksi puukerrostaloihin tai tutkia sitä, minkälaisin rakentamisnopeuksiin teräsrakenteisissa kerrostaloissa olisi mahdollista päästä. Toisaalta myös asemakaavan ja rakentamisajan välistä yhteyttä voitaisiin tutkia.

## Lähteet

Forbes, Lincoln H. – Ahmed, Syed M. 2011. Modern Construction Lean Project Delivery and Integrated Practices. Florida: CRC Press Taylor & Francis Group.

Hanninen, Matti. 2014. Rakennustyön tuottavuuden mittaaminen ja kehittäminen. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Tampere.

Kankainen, Jouko – Särkilahti, Jouko. 1992. Rakennushankkeen aliurakat. Espoo: Rakennusteollisuuden Keskusliitto.

Kohtamäki, Timo. 2015. Rakennuslehden artikkeli. 23.10.2015.

Kolhonen, Riku – Kankainen, Jouko – Junnonen, Juha-Matti. 2003. Rakennushankkeen ajallinen hallinta. Espoo: TKK, Rakentamistalouden laboratorio.

Koskela, Lauri – Koskenvesa, Anssi. 2003. Last Planner –tuotannonohjaus rakennustyömaalla. Espoo: VTT Tiedotteita 2197.

Koskela, Lauri – Koskenvesa, Anssi – Sipi, Jarkko. 2004. Työmaan toimiva tuotannonohjaus. Forssa: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Koskenvesa, Anssi – Sahlstedt, Satu. 2013. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Ratu KI-6021. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Koskenvesa, Anssi ym. 2015. Aikataulukirja 2016. Ratu KI-6028. 13., uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Mubarak, Saleh. 2015. Construction Project Scheduling and Control. Third Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Neuvonen, Petri – Hietä-Wilkman, Sinikka. 2015. Kerrostalot 1975-2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 1190-S. Rakennustyön lisäajat. 2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, Pekka - Kankainen, Jouko. 2004. Työpäällikön käsikirja, osa 1: Aikataulunhallinta. Rakennusteollisuus RT ry.

Siikanen, Pekka. 2009. Työmaiden tuotannonohjauksen ongelmat ja kehitystarpeet. Espoo: Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos.

Vainio, Terttu. 2016. Asuntotuotantotarve 2015-2040. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.

## Verkkolähteet

Realia asuntovuokrauksen verkkosivut. [www.realiaasuntovuokraus.fi](http://www.realiaasuntovuokraus.fi), luettu 12.3.2016.

YIT Kodin verkkosivut. [www.yitkoti.fi](http://www.yitkoti.fi), luettu 7.3.2016.

## *Sähköpostihaastattelut*

Hovilehto, Jari. Projektipäällikkö. YIT Rakennus Oy. 19.2.2016.

Huttunen, Päivi. Työmaainsinööri. YIT Rakennus Oy. 22.2.2016.

Hämäläinen, Tauno. Projektipäällikkö. Wise Group Finland Oy. 22.3.2016.

Kvist, Ingo. Työpäällikkö. YIT Rakennus Oy. 16.2.2016.

Luoma, Tero J. Projekti-insinööri. YIT Rakennus Oy. 16.2.2016.

Markkula, Timo. Tuotantopäällikkö. YIT Rakennus Oy. 19.2.2016.

Savolainen, Teemu. Projektipäällikkö. Wise Group Finland Oy. 15.3.2016.

Seppänen, Juha. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 18.2.2016.

Tenojärvi, Ari. Projekti-insinööri. YIT Rakennus Oy. 16.2.2016.

Tikkanen, Jari. Projekti-insinööri. YIT Rakennus Oy. 19.2.2016.

Vallittu, Maiju. Projektipäällikkö. YIT Rakennus Oy. 16.2.2016.

Yläjääski, Inka. Työmaainsinööri. YIT Rakennus Oy. 16.2.2016.

## *Haastattelut*

Junna, Ari. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 14.3.2016.

Kosonen, Mika. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 21.3.2016.

Kuorikoski, Timo. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 29.3.2016.

Lindholm, Roger. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 7.3.2016

Mutkala, Keijo. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 21.3.2016.

Muukkonen, Juha. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 16.3.2016.

Rinne, Esa. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 3.3.2016.

Romppanen, Heikki. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 14.3.2016.

Seppänen, Juha. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 21.3.2016.

Takala, Asko. Vastaava työnjohtaja. YIT Rakennus Oy. 3.3.2016.